La biodiversidad en MICHOACÁN

ESTUDIO DE ESTADO 2

Vol. II

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad en MICHOACÁN

ESTUDIO DE ESTADO 2

Vol. II

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Territorial
Gobierno del Estado de Michoacán

Gobierno de MICHOACÁN

MICHOACÁN SE ESCUCHA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Primera edición, 2019
Versión digital
Obra completa: ISBN 978-607-8570-33-1
Volumen II: 978-607-8570-35-5

Coordinación y seguimiento general:
Andrea Cruz Angón[1]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]
Erika Daniela Melgarejo[1]

Cuidado de la edición:
Karla Carolina Nájera Cordero
Jorge Cruz Medina
Erika Daniela Melgarejo
Diana López Higareda

Corrección de estilo:
Aída Pozos Villanueva
Karla Carolina Nájera Cordero
Juan Corral Aguirre

Diseño y formación:
Aída Pozos Villanueva

Cartografía:
Rocío Aguirre López

Iconografía:
Jorge Cerón Ruiz

[1]Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

D.R. © 2019 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México, *http://www.conabio.gob.mx.*

Salvo en aquellas contribuciones que reflejan el trabajo y quehacer de las instituciones y organizaciones participantes, el contenido de las contribuciones es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Impreso en México/Printed in Mexico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

MENSAJE

Michoacán es la quinta entidad con más biodiversidad de México, esta riqueza biológica nos convierte en uno de los estados más importantes y extraordinarios del país en recursos naturales, así lo señalan el *Catálogo Selecto de la Biodiversidad en Michoacán* (1999) y *La biodiversidad en Michoacán. Estudio Estado* (2005).

Como gobierno comprometido con la causa ambiental, valoramos la importancia de esta riqueza y entendemos muy bien que el cambio climático representa una amenaza para nuestra diversidad y recursos naturales.

Como mandatario me preocupa que la principal amenaza sea una consecuencia de la acción humana y que a pesar de que es prevenible, como sociedad aún no hayamos tomado las medidas suficientes para frenarla.

Esta situación nos obliga a redoblar esfuerzos para caminar en la dirección que, expertos y sectores de la sociedad, señalamos a través de esta publicación.

Una buena parte de estos esfuerzos tienen que ver con nuestras leyes, por ello, en 2019 impulsamos un paquete legislativo de avanzada en materia ambiental, que diera certidumbre jurídica a la conservación y preservación de nuestra riqueza y patrimonio natural, considerando a la biodiversidad como la base del desarrollo estatal.

Finalmente, quiero señalar que el trabajo conjunto de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y de investigadores, concretado en esta actualización del primer *Estudio de Estado*, es una fuente de información valiosa para la toma de decisiones y el fortalecimiento de estrategias de manejo de nuestro patrimonio natural, siempre con el objetivo de promover la sustentabilidad ambiental y la prosperidad urbana.

ING. SILVANO AUREOLES CONEJO

Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

PRESENTACIÓN

Los estudios de biodiversidad estatales (estudios de estado) constituyen los diagnósticos más completos sobre el patrimonio natural de las entidades de la república mexicana. Hasta el momento se han publicado en 18 entidades federativas y se trabaja con nueve estados más para próximas publicaciones. Con este esfuerzo de compilación que coordina la CONABIO se abarca, con información actualizada sobre la riqueza natural del país, un poco más de 80% de las entidades federativas.

Michoacán, además de haber sido la segunda entidad en publicar el Estudio de Estado, es la primera que actualiza este documento, lo que sin duda representa un avance importante para la difusión del nuevo conocimiento sobre la diversidad biológica, su aprovechamiento y las tendencias de cambio. Se abordan nuevas temáticas como toda una sección sobre la diversidad genética, un capítulo amplio sobre los servicios ecosistémicos disponibles en la entidad y una sección que esboza de manera muy clara el contexto social y económico de la entidad, señalando su influencia en la preservación o deterioro de la riqueza natural michoacana. Sin embargo, lo que es de resaltar son las 14 684 especies reportadas, en contraste con las 9 509 especies registradas en el primer estudio.

La obra está conformada por tres volúmenes, que representan una fuente de información única y confiable sobre la situación actual del capital natural del estado; el contenido es desarrollado por los académicos del estado especialistas en los temas tratados y por representantes del gobierno estatal, ambos grupos enteramente comprometidos en salvaguardar los recursos naturales y su manejo.

Esta publicación representa la principal fuente de consulta para autoridades gubernamentales, académicos, comunidades locales, grupos indígenas y sociedad en general, con el fin de dirigir la toma de decisiones, diseñar estrategias de planeación, establecer políticas públicas y continuar con la generación de nuevo conocimiento sobre el patrimonio natural de la entidad para el desarrollo sustentable de Michoacán.

El libro *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado* 2, es una fotografía instantánea del conocimiento y estado de la biodiversidad en Michoacán. Provee una línea base actualizada para identificar los procesos de cambio y transformación de los ecosistemas del estado, que permitan establecer las acciones pertinentes para garantizar su conservación y uso sustentable a mediano y largo plazo.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales (gubernamentales, académicas y de la sociedad civil) apoyarán la difusión de esta obra y darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad y los cambios que en ésta se registren, con la finalidad de favorecer el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales michoacanos. De esta manera, el esfuerzo desarrollado será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para los habitantes de la entidad.

Esta obra contribuye al cumplimiento de las actividades de instrumentación de la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2030*, la cual es parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB); además, es un valioso

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

legado para el conocimiento y estado de la biodiversidad, fundamental para la valoración y conservación del capital natural de Michoacán.

CONABIO agradece al Gobierno del Estado de Michoacán y a los 275 autores pertenecientes a 45 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, por su compromiso y dedicación. Sin ellos no hubiera sido posible la elaboración de esta primera actualización del Estudio de Estado; los felicitamos por la consumación de este gran esfuerzo.

JOSÉ SARUKHÁN KERMEZ

Coordinador Nacional de la CONABIO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONTENIDO

Mensaje. 5
Presentación 7
Introducción 11

5. DIVERSIDAD DE ESPECIES

Resumen ejecutivo 17
Diversidad del pasado: invertebrados y mamíferos 23
EC: Los caballos fósiles en los municipios Charo, Cuitzeo del Porvenir y La Piedad de Cabadas 31
EC: El *Mixotoxodon* michoacano 35
Enterobacterias de los cuerpos de agua michoacanos. 39
Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares 47
Hongos macromicetos 53
EC: Conocimiento etnomicológico de los macromicetos 63
EC: Trufas y seudotrufas: hongos que crecen debajo de la tierra 67
Algas adheridas a sustrato en ecosistemas acuáticos (perifiton) 71
El plancton de agua dulce. 79
EC: Zooplancton de los lagos cráter michoacanos 91
La diversidad del plancton marino 95
EC: Dinoflagelados planctónicos formadores de mareas rojas. 105
EC: El zooplancton gelatinoso 111
Macroalgas bentónicas marinas. 115
EC: Uso potencial de las algas verdes (Chlorophyta) 125
EC: Asociaciones de macroalgas bentónicas y dinoflagelados epífitos causantes de ciguatera. 129
Líquenes 133
EC: El fraile Arsène y su histórica contribución al conocimiento de los líquenes. 151
EC: Líquenes con potencial tintóreo. 153
EC: Líquenes indicadores de calidad del aire 155
EC: Propiedades antibióticas de los líquenes 159
Briofitas: taxonomía, diversidad e importancia 163
Hepáticas talosas y foliosas (Marchantiophyta) 169
Musgos (Bryophyta). 175
EC: Aprovechamiento comercial de musgos 181
EC: Musgos y hepáticas como indicadores de calidad ambiental 185
Antocerotes (Anthocerotophyta) 189
Helechos y plantas afines (Pteridophyta) 193
Gimnospermas: ahuehuetes, pinos, cedros y cícadas 203
EC: Cambio climático: una amenaza para la conservación de *Pinus pseudostrobus* 225
Angiospermas. 229
EC: La familia Convolvulaceae 239
EC: La familia Lamiaceae 241
EC: El género *Eryngium* (Apiaceae) 245

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Vegetación acuática. 249
EC: Malezas acuáticas: amenaza para la conservación de los lagos 259
EC: Humedales artificiales: opción para el tratamiento de aguas residuales 263
Malezas 267
EC: Diversidad y distribución de la vegetación ruderal en función de la temperatura en Morelia 275
Arbolado urbano en ciudades michoacanas. 279
EC: Árboles en camellones y banquetas de Morelia. 287
EC: La vía verde de la región de La Huacana 289
Invertebrados marinos 291
EC: Comunidades coralinas del litoral michoacano: el caso de El Zapote de Madero 307
EC: El uso del tinte del caracol púrpura (*Plicopurpura columellaris*): tradición milenaria viva en la cultura náhuatl 311
Macroinvertebrados dulceacuícolas 313
Libélulas 325
Escarabajos acuáticos (Hydradephaga) 331
Estado del conocimiento de la diversidad de insectos (Hexapoda) 335
EC: Conocimiento y diversidad de chinches (Insecta: Heteroptera) 347
EC: Los Scarabaeoidea 353
Los arácnidos 363
Ácaros (Arachnida: Acari) 369
EC: Alacranes del género *Centruroides* y su importancia médica 377
EC: Arañas araneomorfas y migalomorfas (Arachnida: Araneae) 385
EC: Otros arácnidos: amblipígidos, opiliones, pseudoescorpiones y alacranes 391
Crustáceos dulceacuícolas 395
Ciempiés: Chilopoda 401
Peces 407
EC: Peces de los ecosistemas estuarinos 423
EC: Peces crípticos 429
EC: Los peces de las pozas de marea 433
EC: La integridad biótica del lago de Chapala 441
EC: Estado de conservación y amenazas a los peces nativos 447
EC: Causas de la disminución de poblaciones de peces: el caso del pez blanco (*Chirostoma estor*) del lago de Pátzcuaro 459
EC: Importancia y aprovechamiento de los peces marinos 463
EC: Programa de conservación *ex situ* de goodeinos 469
Anfibios y reptiles 475
EC: Arribadas y rastreo satelital de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea)* en Ixtapilla 495
EC: Los ajolotes michoacanos. 499
EC: Los crotalinos 503
EC: Análisis de las características de la información disponible para describir los patrones de distribución de la herpetofauna 507
Aves 513
Mamíferos terrestres 527
EC: Colección científica de fotocolectas del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios 535

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

INTRODUCCIÓN

ANDREA CRUZ ANGÓN Y KARLA CAROLINA NÁJERA CORDERO

La biodiversidad es definida como toda la variedad de plantas, animales, hongos, protozoarios y bacterias, así como los diversos ecosistemas donde dichas especies habitan e interactúan, y la variabilidad genética que éstas poseen (CDB 1992).

En este segundo volumen de *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado 2*, se presenta una actualización a la información sobre la diversidad de especies de los principales grupos biológicos, incluyendo un recuento de la biodiversidad fósil presente en el estado. Enseguida se presentan algunos conceptos básicos que serán útiles para abordar este documento.

¿QUÉ SON LAS ESPECIES?

La especie es la unidad básica de la clasificación taxonómica y el nivel más conocido de la biodiversidad (Levin 1979, Mayden 1997). Debido a la amplia gama de formas en las que se expresa la vida en la Tierra es difícil establecer un concepto universal de especie; por ejemplo, dependiendo del enfoque disciplinario con el que se trabaje se han identificado al menos 22 definiciones distintas de especie, tan solo para definir a los organismos eucariontes, es decir, aquellos cuyas células poseen un núcleo delimitado por membranas (Rosselló-Mora y Amann 2001). Sin embargo, existen criterios generales que aparecen en las definiciones modernas de especie, entre ellos se cuentan: 1) presencia de un ancestro común; es decir, que los miembros de una misma especie comparten una población ancestral similar; 2) la especie debe ser el grupo más pequeño distinguible de organismos que comparten patrones de ascendencia y descendencia; y 3) deben compartir una comunidad reproductora que excluya a otras especies (Hickman *et al.* 2006).

Es curioso que el artículo 2 del CDB, en donde se establecen los términos utilizados en dicho convenio, no contiene una definición de especie, aunque incluye la de especie domesticada o cultivada, como aquellas en cuyo proceso de evolución han influido los seres humanos para satisfacer sus propias necesidades (CDB 1992).

¿CÓMO SE CLASIFICAN LAS ESPECIES?

En el área de biología se utiliza un sistema de clasificación para todos los seres vivos, el cual fue desarrollado por el médico naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1758). Este sistema es jerárquico y binomial, de tal manera que para nombrar a las especies se utiliza un epíteto genérico (comúnmente llamado género) y un epíteto específico o especie (figura 1). Los elementos que componen la jerarquía en la que se clasifican los seres vivos incluyen siete

Cruz-Angón, A y K. Nájera-Cordero. 2019. Introducción II. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 11-14.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

categorías principales y varias subcategorías incluyentes: 1) reino, 2) *phylum* (para animales) o división (para plantas), 3) clase, 4) orden, 5) familia, 6) género y 7) especie. La ventaja de este sistema es que se evitan confusiones al utilizar nombres comunes, ya que éstos pueden variar de acuerdo con el lugar, la cultura y el idioma.

Linneo realizó un trabajo extraordinario al describir, catalogar y clasificar más de 500 especies vegetales y 4 000 animales mediante este sistema. Fue el primero en asignar al ser humano el nombre científico *Homo sapiens* e incluirlo entre los primates (Ramírez-Clavijo 2007).

¿POR QUÉ MÉXICO POSEE TANTA DIVERSIDAD BIOLÓGICA?

México es uno de los países con mayor diversidad biológica y cultural, esto puede explicarse por su gran complejidad fisiográfica y su historia geológica y climática que propician una infinidad de hábitats. Para el país no sólo se reporta un elevado número de especies, sino también una alta riqueza de endemismos (especies que se distribuyen sólo en México), entre las que destacan las plantas, con un poco más de la mitad de especies vegetales registradas que sólo se encuentran en México, lo mismo ocurre con los peces dulceacuícolas, reptiles y anfibios (Sarukhán *et al.* 2017).

LA BIODIVERSIDAD EN MICHOACÁN

En 2005 se reportaron 9 509 especies para Michoacán a partir de información generada por investigadores de instituciones estatales (Villaseñor 2005). En la presente obra los autores aportaron tanto la nomenclatura científica (sistema binomial), como el nombre común de más de 12 900 especies, con el fin de facilitar la identificación de los organismos a los lectores no familiarizados con textos técnicos. Como base se utilizaron los registros del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) de la CONABIO; sin embargo, la principal fuente de información fue el conjunto de datos recabados por los investigadores de las diferentes instituciones que colaboraron en la presente obra, lo que conjunta especies de diversos grupos biológicos (cuadros 1 y 2); todos los registros aportados fueron revisados y validados mediante EncicloVida, una plataforma digital que integra bases de datos producto de la participación de investigadores mexicanos de diversas instituciones, en proyectos de la CONABIO desde 1992.

Clasificación taxonómica	Reino	Plantae	Animalia
	Phylum o División	Magnoliophyta*	Craniata
	Subphyllum		Vertebrata
	Clase	Magnoliopsida	Amphibia
	Subclase	Dilleniidae	
	Orden	Ebenales	Caudata
	Familia	Ebenaceae	Ambystomidae
	Género	*Diospyros*	*Ambystoma*
	Especie	*Diospyros xolocotzii*	*Ambystoma dumerilii*
	Autoridad taxonómica	Madrigal & Rzed. 1988	Dugès 1870

*En la nomenclatura botánica moderna la división Magnoliophyta se refiere como Tracheophyta; mientras que las clases Liliopsida y Magnoliopsida se incluyen en Equisetopsida.

FIGURA 1. Clasificación taxonómica de dos especies que sólo se distribuyen en Michoacán: el zapote prieto distribuido en el Sistema Volcánico Transversal con menos de 70 individuos y enlistado en la categoría en peligro de extinción de la NOM-059-SEMARNAT-2010; el achoque o ajolote de Pátzcuaro (*Ambystoma dumerilii*) endémico del territorio michoacano y bajo la categoría de protección especial en la norma mexicana. Fotos: Ignacio Torres García (a), Iván Montes de Oca (b).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Comparativo de la diversidad de algunos grupos presentes respecto al total nacional reportado para la entidad.

Grupo	México	Michoacán[1]	Michoacán 2005[2]	Michoacán[3]	Michoacán respecto al total nacional (%)
Hongos	6 500*	ND	671	740	11
Briofitas (musgos y hepáticas)	1 601*	ND	278	431	27
Helechos y plantas afines (Pteridofitas)	1 067[1]	220	207	296	28
Gimnospermas	19[1]		63	30	16
Angiospermas	21 015[1]	1 885	4 512	5 018	24
Artrópodos	36 209[1]	2 029	1 036	2 309**	6
Peces	2 763*	10	129	508	18
Anfibios	399*	53	56	59	15
Reptiles	908*	138	222	165	18
Aves	1 150*	429	547	562	49
Mamíferos	564*	163	193	163	29

*Sarukhán *et al.* 2017, **insectos, arácnidos, colémbolos, crustáceos y miriápodos.
Fuente: elaboración propia con base en [1]Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008, [2]Villaseñor 2005, [3]apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

CUADRO 2. Número de especies registradas en Michoacán para algunos grupos biológicos.

Grupo	Familias	Géneros	Especies	Apéndices
Hongos	89	253	740	12, 13
Briofitas	73	195	431	20, 21
Helechos y plantas afines (Pteridofitas)	27	71	296	22, 27
Gimnospermas	5	11	30	24, 27, 29
Angiospermas	196	1 324	5 018	26, 27, 29
Invertebrados no artrópodos (otros invertebrados, invertebrados marinos)	225	409	595	17, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37
Insectos	293	1 147	1 738	37-42
Arácnidos	99	276	279	43, 44, 45
Crustáceos	96	183	265	15, 17, 34, 37, 46, 47
Peces	108	288	508	49
Anfibios	13	22	59	50
Reptiles	28	77	165	51
Aves	79	304	562	52
Mamíferos	24	92	163	54

Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Número de especies reportadas bajo alguna categoría de protección en la Norma Oficial Mexicana. Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

En esta compilación se obtuvo información importante sobre las especies que están reportadas en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010). En total se contabilizaron 415 especies (figura 2), lo que corresponde a 3.2% del total en el estado, las aves y los reptiles son los grupos biológicos con más especies enlistadas bajo alguna categoría de protección.

REFERENCIAS

CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. Diversidad biológica. Uso de términos. En: *<http://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>*, última consulta: 16 de abril de 2019.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2009. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* CONABIO, México.

Levin, D.A. 1979. The nature of plant species. *Science* 204:381-384.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México, pp. 283-322.

Mayr, E. 1942. *Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist.* Columbia University Press, Nueva York.

Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. En: *Species: the units of biodiversity.* M.F. Hawah y M.R. Wilson (eds.). Chapman and Hall, Londres.

Ramírez-Clavijo, S. 2007. Linneo: la pasión de un médico por la clasificación de los seres vivos. *Revista Ciencias de la Salud* 5(1):101-103.

Rosselló-Mora, R. y R. Amann. 2001. The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiological Reviews* 25:39-67.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales.* CONABIO, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Villaseñor G., L.E. 2005. *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado.* CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de Especies

5

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo
Diversidad de especies

IRERI SUAZO ORTUÑO E ISELA EDITH ZERMEÑO HERNÁNDEZ

La biodiversidad se define como la variabilidad entre los diversos tipos de organismos que forman parte de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Se destacan las diferentes dimensiones de la biodiversidad, reconociendo que cada biota puede caracterizarse por su diversidad genética, ecológica y taxonómica o de especies. Se considera como una característica relevante de los ecosistemas no manejados, como reservas naturales o áreas prístinas; sin embargo, sistemas manejados como plantaciones, parcelas agrícolas, potreros y hasta parques urbanos tienen su propia biodiversidad. Considerando que los sistemas cultivados comprenden más de 24% de la superficie terrestre, es importante que cualquier estrategia de conservación de la biodiversidad considere estos grandes sistemas antropogénicos.

Debido a las dimensiones de la biodiversidad su medición es compleja, por lo que diferentes indicadores son usados e incluyen: riqueza de especies de ciertos grupos de organismos, número de diferentes tipos funcionales de plantas y variedad de secuencias de genes en una muestra de ADN microbial. Las especies que se distribuyen en los diferentes ecosistemas tienen importancia ecológica, económica y cultural. El conocimiento de la diversidad biológica es incompleto y sesgado hacia el nivel de especies, de megafauna, de sistemas templados y de aquellos componentes de la biodiversidad usados por los humanos, lo que se traduce en vacíos de conocimiento, sobre todo del estado que guardan sistemas tropicales, biota acuática, plantas, invertebrados, microorganismos y biota subterránea, es por eso que las estimaciones del número total de especies en la biosfera del planeta varían de 5 a 30 millones. Es claro que las 1.7 a 2 millones de especies que han sido formalmente descritas representan sólo una pequeña porción de la riqueza total de especies, por lo que es imperativo realizar inventarios más completos.

Michoacán se ubica entre los 10 primeros lugares del país en riqueza de especies de plantas vasculares, mamíferos, anfibios, reptiles y aves. Aunque la diversidad de microorganismos no está totalmente evaluada, representa un componente fundamental de los procesos biogeoquímicos de los distintos ecosistemas de la entidad. En conjunto, la biodiversidad y la gran cantidad de endemismos que se registran en el estado está asociada a la heterogeneidad de ambientes, suelos y climas a lo largo del territorio. En esta sección se presenta información sobre la diversidad taxonómica y el estado actual de conservación de algunos grupos de vida silvestre de Michoacán; además se actualizan los listados de especies presentados en *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*, publicado en 2005.

En este segundo Estudio de Estado se reporta un incremento sustancial en el número de especies para casi todos los grupos descritos, lo que refleja el trabajo que los investigadores han hecho para reconocer la diversidad de Michoacán y resaltar su importancia en términos de la diversidad biológica

Suazo-Ortuño, I. e I. Zermeño-Hernández. 2019. Resumen ejecutivo. Diversidad de especies. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 17-21.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que aporta al país. La revisión de la riqueza de cada uno de los grupos biológicos se presenta en 33 capítulos y 44 estudios de caso.

Se inicia con una revisión de los registros fósiles de invertebrados marinos y grandes mamíferos, ya que son los dos grupos más abundantes y con mayor distribución, por lo que son los más estudiados; en casi todo el estado se encuentran yacimientos fosilíferos, aunque el mayor número de sitios se localiza en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y en el Sistema Volcánico Transversal. Los principales yacimientos de invertebrados marinos correspondientes al periodo cretácico de la era mesozoica se registran en la región Huetamo-San Lucas, con 156 especies reportadas. Por su parte, los yacimientos de mamíferos correspondientes a la era cenozoica del plioceno/pleistoceno se encuentran en la cuenca lacustre de Cuitzeo, dentro del Sistema Volcánico Transversal, con 16 especies.

Los fósiles son una parte no renovable del patrimonio natural, permiten entender la distribución de los organismos en el pasado, los cambios geológicos ocurridos, así como los procesos evolutivos de las especies. Los principales problemas a que se enfrenta su estudio son que muchos yacimientos fosilíferos son saqueados por personas ajenas al ámbito científico, además de que el cambio de uso del suelo, la urbanización, el intemperismo y la erosión afectan el material e impiden las investigaciones, por ello se requiere generar programas que permitan resguardar el material paleontológico del estado, así como recabar nuevos datos sobre las poblaciones fósiles, a la par de desarrollar programas de conservación y protección.

Se presenta por primera vez una revisión de la diversidad de enterobacterias, grupo heterogéneo de microorganismos considerado uno de los más numerosos en el planeta y que ha colonizado exitosamente cada nicho ecológico posible. Estos organismos tienen un importante papel para el funcionamiento de los ecosistemas, además de que muchas de estas especies pueden ser de riesgo potencial para la salud de animales y humanos. Aunque no se tiene un inventario completo, en este estudio se reportan al menos 20 especies de enterobacterias para algunos cuerpos de agua de Michoacán, por lo que se considera que se podrían encontrar muchas especies más.

Los hongos, un grupo único de organismos heterótrofos, por sus características se han separado de animales y plantas, incluyen desde las levaduras hasta los hongos más complejos. Para los hongos macromicetos se reportan 716 especies (688 identificadas) que representan aproximadamente 15% de las reportadas para México. En este estudio se registran 68 especies más que las reportadas en el de 2005, de las cuales *Neotremella guzmanii* y *Xylaria michoacana* son endémicas para Michoacán, reportadas en Coalcomán y Pátzcuaro, respectivamente. La mayoría de los registros de macromicetos se concentra en el Sistema Volcánico Transversal, región en la cual predominan los bosques templados. Los hongos micorrízicos arbusculares forman asociaciones mutualistas con las raíces de las plantas; en Michoacán se han determinado 55 especies de 14 géneros que se restringen básicamente a las zonas templadas de Michoacán, siendo *Acaulospora* el género que presenta más especies.

Los líquenes son un tipo de organismos simbióticos poco estudiados, están integrados por un componente fúngico, principalmente del grupo de los Ascomycetes, y uno o más componentes fotosintéticos representados por algas verdes y cianobacterias. La riqueza en Michoacán para este grupo es de 413 taxa, que corresponden a 400 especies y 44 infraespecies. Las especies de líquenes representan casi 30% de las registradas para México, de tal modo que en este nuevo reporte prácticamente se duplica la cantidad de especies del estudio de 2005. Los líquenes registrados se distribuyen principalmente en el Sistema Volcánico Transversal y en la Altiplanicie, sobre todo en bosque templado, matorral subtropical y vegetación secundaria.

Por otro lado, el plancton es una agrupación de vegetales (fitoplancton) y animales microscópicos (zooplancton) que se encuentran suspendidos en el agua, ya sea epicontinental o marina. En este grupo de microorganismos se incorporan tanto a las algas del fitoplancton como al zooplancton, que está conformado por protistas, rotíferos, crustáceos y larvas de peces e insectos. Para un mejor entendimiento, estos grupos se dividieron en el plancton de agua dulce y plancton marino. En Michoacán se reportan 916 especies de plancton dulceacuícola identificadas en diversas presas, lagos, lagunas y ríos, de las cuales 798 corresponden al fitoplancton y 118 al zooplancton. La mayor diversidad de plancton dulceacuícola se encuentra en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec.

En cuanto al plancton marino se registran 330 especies de fitoplancton y 173 especies de zooplancton. Tanto el plancton marino como el dulceacuícola pueden ser considerados indicadores biológicos de la calidad de agua y ser usados para el tratamiento de aguas residuales, entre otras aplicaciones.

A otro grupo de organismos que incluye algas, bacterias, hongos y animales que se encuentran adheridos a algún tipo de sustrato, natural o artificial, en el fondo de los ecosistemas acuáticos, se le conoce como perifiton; que en Michoacán está integrado por 630 especies (561 identificadas) de agua dulce. Las macroalgas marinas son organismos fotosintetizadores que carecen de raíz, tallo y hojas verdaderas e incluyen a tres grupos: algas rojas (Rhodophyta), algas pardas (Phaeophyceae) y algas verdes (Chlorophyta). Para Michoacán se han registrado 162 especies de macroalgas que representan 36.48% de la diversidad reportada para el Pacífico Tropical Mexicano.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las plantas terrestres no vasculares incluyen a los musgos, hepáticas y antocerotes, y se conocen como briofitas. En el primer estudio de estado se habían reportado 279 especies, en la presente obra la cifra asciende a 431. Aunque el número de especies registradas para Michoacán representa cerca del 25% de las reportadas para México, la evidencia muestra que la información sobre este grupo en Michoacán y en México es aún escasa.

Las pteridofitas son un grupo de plantas vasculares, comúnmente conocidas como helechos, que se caracterizan por vivir en ambientes húmedos, pueden ser terrestres o epífitas y en general son muy vulnerables a los cambios en el ambiente. La pteridoflora michoacana está compuesta por 331 pteridofitas diferentes (296 especies identificadas), de las cuales 22 pertenecen a Lycophyta y 309 a Monilophyta y representan 32.3% de las especies reportadas para el país, lo que muestra un incremento de casi 60% a lo registrado en 2005 para Michoacán. La mayor parte de las pteridofitas se concentra en los trópicos y en México la mayor riqueza se concentra en el Sistema Volcánico Transversal, asociada a bosques mesófilos, selvas y bosques de pino-encino. Pese a su importancia ecológica y medicinal, sólo seis especies presentes en Michoacán se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en alguna categoría de riesgo, tres de ellas en la categoría de peligro de extinción (*Selaginella porphyrospora*, *Cyathea costaricensis* y *Nephrolepis cordifolia*), una sujeta a protección especial (*Alsophila firma*) y dos especies amenazadas (*Polypodium triseriale* y *Campyloneurum phyllitidis*).

Las gimnospermas, junto con las angiospermas, difieren de las otras plantas en la producción de semillas. Las primeras están conformadas por los ahuehuetes, pinos, cedros y cícadas. En Michoacán se han registrado 26 especies nativas, 11 variedades y una forma; así como 22 especies introducidas de las cuales 13 son nativas de México y 10 de otras partes del mundo. Sólo *Pinus rzedowskii* es endémica para Michoacán y cinco se encuentran en alguna situación de riesgo. Las gimnospermas en la entidad se distribuyen sobre todo en la provincia del Sistema Volcánico Transversal, en donde se registra el mayor número de especies nativas, mientras que en la Llanura Costera sólo se registra una especie conocida como palmiche o palmilla (*Zamia loddigesii*).

Las angiospermas o plantas con flores son las plantas más conspicuas, diversas y abundantes en el mundo, se encuentran en todos los hábitats y ecosistemas terrestres y acuáticos. Michoacán es una región privilegiada florísticamente, ya que con sus 5 133 (4 928 identificadas) especies reportadas, de las cuales 200 son endémicas al estado, ocupa el séptimo lugar nacional en diversidad de este grupo. La mayor diversidad de angiospermas se distribuye en el Sistema Volcánico Transversal, aunque la mayor cantidad de endemismos, principalmente de la familia Burseraceae con los géneros *Beiselia* (una especie) y *Bursera* (42 especies), se concentran sobre todo en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, en particular en los alrededores de la presa Infiernillo, en la región de Apatzingán y en la Sierra Madre del Sur, en la sierra de Aquila-Coalcomán. Desafortunadamente, la deforestación y el cambio de uso del suelo en el estado han reducido dramáticamente la cobertura forestal, a tal grado que la NOM-059-SEMARNAT-2010 reporta 99 especies en alguna de las categorías de protección (46 amenazadas, 40 sujetas a protección especial y 13 en peligro de extinción) y otras 20 especies de árboles más se incluyen en la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La vegetación acuática o hidrófita está conformada por diversas especies vegetales, tanto herbáceas como arbustivas y arbóreas, que pertenecen a distintos grupos taxonómicos y crecen a la orilla de ríos, lagos, embalses y humedales. Para Michoacán se registran 318 especies, las más representativas son los pastos de agua, los tules y los sauces. Los principales cuerpos de agua que han sido estudiados para obtener información sobre este tipo de vegetación se encuentran en el Sistema Volcánico Transversal y en la Llanura Costera.

Las malezas nativas e introducidas han sido estudiadas ampliamente. En total se reportan 965 especies e infraespecies que se distribuyen en todo el estado y abundan en zonas agropecuarias, urbanas, a orilla de caminos, alrededor de zonas habitacionales y en cualquier zona perturbada por la actividad antropogénica. Las malezas introducidas que causan daños económicos o ambientales son llamadas invasoras, entre las más nocivas se encuentran el zacate Johnson, los pastos Kikuyo y el lirio acuático.

En esta obra se incluye información sobre vegetación urbana. Se registran 98 especies (95 identificadas) de árboles urbanos, así como un estudio de caso sobre los árboles de los camellones de Morelia y la vegetación de la vía verde en la región de La Huacana. Las especies de árboles más comunes en la ciudad de Morelia son principalmente exóticas, destacando jacaranda, eucalipto, trueno, galeana y laurel de la India, mientras que la única especie nativa registrada como común es el fresno.

Con respecto a la fauna, hay información abundante sobre la diversidad de especies de invertebrados y vertebrados. Se reportan 642 especies (619 identificadas) de invertebrados marinos, de las 8 255 registradas en el país. De los moluscos sólo la lapa (*Scutellastra mexicana*) es endémica a Michoacán, mientras que dos especies de esponjas (*Acarnus* sp. y *Stoeba* sp.) son nuevos hallazgos para la ciencia y podrían también ser endémicas para el estado.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los macroinvertebrados de agua dulce representan un grupo de alto interés ecológico y económico, ya que tienen un papel fundamental en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, son indicadores de la salud de los ecosistemas dulceacuícolas y representan una fuente sustancial de ingresos económicos para las poblaciones locales. Este grupo cuenta con 323 especies de las cuales 246 están identificadas para Michoacán y está integrado por esponjas, gusanos planos, lombrices de tierra, sanguijuelas, moluscos, arácnidos e insectos. Aunque es evidente que aún existen vacíos importantes sobre la diversidad de este grupo, este segundo estudio permitió incrementar en 176% el número de especies de invertebrados acuáticos conocidos para el estado.

Los invertebrados terrestres, por su importancia, diversidad y complejidad son estudiados de manera independiente. En este estudio se abordaron tres grupos: quilópodos, insectos y arácnidos. Los primeros, conocidos comúnmente como ciempiés, están representados en Michoacán por 13 especies de las 180 registradas en México. A pesar de contar con un número moderado de especies, se destaca su nivel de endemismo, ya que nueve de las 13 son exclusivas de Michoacán; su distribución se limita a la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, a la Altiplanicie y al Sistema Volcánico Transversal, siendo esta última provincia la que presenta el mayor número de especies.

Los insectos representan un grupo altamente diverso, cuyas especies pueden encontrarse en casi todos los ambientes y presentar casi todas las estrategias de vida conocidas. Los grupos mejor representados son las mariposas, polillas, escarabajos, chinches, hormigas, avispas, abejas, libélulas y caballitos del diablo. En total se han registrado para el estado 1 887 especies de las 47 853 reportadas para el país. La mayor cantidad se encuentra en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y en el Sistema Volcánico Transversal. Sólo tres especies se encuentran en alguna situación de riesgo, el tábano de las dunas (*Brennania belkini*) en peligro de extinción, la mariposa conocida como llamadora (*Papilio esperanza*) en estatus de amenazada y la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), sujeta a protección especial.

Los arácnidos incluyen a los ácaros, arañas, escorpiones y alacranes, entre otras especies menos conocidas. En Michoacán, sin considerar a los ácaros que normalmente se estudian como un grupo separado, se cuenta con 314 especies (163 identificadas), de las cuales la tarántula *Brachypelma auratum* es endémica para el estado y seis alacranes que lo son para la Depresión del Balsas-Tepalcatepec; la provincia con mayor número de registros es el Sistema Volcánico Transversal.

Dentro de los vertebrados se registran los cinco grupos existentes y se distribuyen a lo largo de las cinco provincias fisiográficas en que se divide el estado. Los peces, tanto de agua dulce como marinos, representan 17.5% de las especies registradas para el país, con 509 especies, de las cuales 485 son nativas, 22 introducidas y ocho endémicas al estado. Los peces dulceacuícolas cuentan con 82 especies, los estuarinos con 89 y las especies marinas ascienden a 412, representando éstas últimas 33.7% de las registradas para el Pacífico Tropical Oriental. Desafortunadamente, a pesar de ser organismos clave para las redes tróficas y representar una importante fuente de alimento e ingresos para las sociedades humanas, 29 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o de la UICN, y nueve de ellas son consideradas especies en peligro de extinción. Como consecuencia de las actividades humanas muchas especies dulceacuícolas han desaparecido localmente y con ello también se ha perdido de manera alarmante la diversidad genética. Es importante destacar que el conocimiento de los peces michoacanos se ha incrementado, de modo que en el presente estudio se han registrado 136 especies nuevas en relación con el primer estudio de biodiversidad.

A pesar de sus diferencias, los anfibios y reptiles son los únicos tetrápodos ectotérmicos que ocupan hábitats y microhábitats similares y son altamente vulnerables a la modificación del hábitat. En el caso de la herpetofauna, la información presentada indica que en Michoacán se han registrado 59 de las 376 especies de anfibios reportadas para México, mientras que para los reptiles se encuentran 165 de las 864 especies existentes en el país. Estas cifras representan 18.14% de diversidad de anfibios y reptiles registradas en el país. En el caso de los anfibios, 33 especies son endémicas a México y nueve a Michoacán, mientras que 97 especies de reptiles son nativas al país y 12 lo son para el estado. De la herpetofauna, las serpientes presentan la mayor riqueza, con 100 especies (60.6%), seguida por las lagartijas con 55 (33.3%) y los anuros con 49 (29.7%).

Las aves constituyen el grupo de animales vertebrados terrestres más numeroso que existe, su distribución abarca todos los ambientes. La avifauna del estado se encuentra entre las más ricas del país, con 563 especies pertenecientes a 80 familias que colocan a Michoacán en el quinto lugar nacional con mayor diversidad avifaunística. No existen especies endémicas exclusivas, sin embargo, 101 de las 190 especies que presentan algún nivel de endemismo en México se encuentran en territorio michoacano; este tipo de endemismos se presentan sobre todo en las zonas serranas del Sistema Volcánico Transversal y en la Sierra Madre del Sur. Desafortunadamente, 97 especies (17.1%) se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, con una especie extinta (el carpintero imperial; *Campephilus imperialis*), 16 en peligro de extinción, 28 en categoría de amenazadas y 52 sujetas a protección especial. Además, 26 especies michoacanas están

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

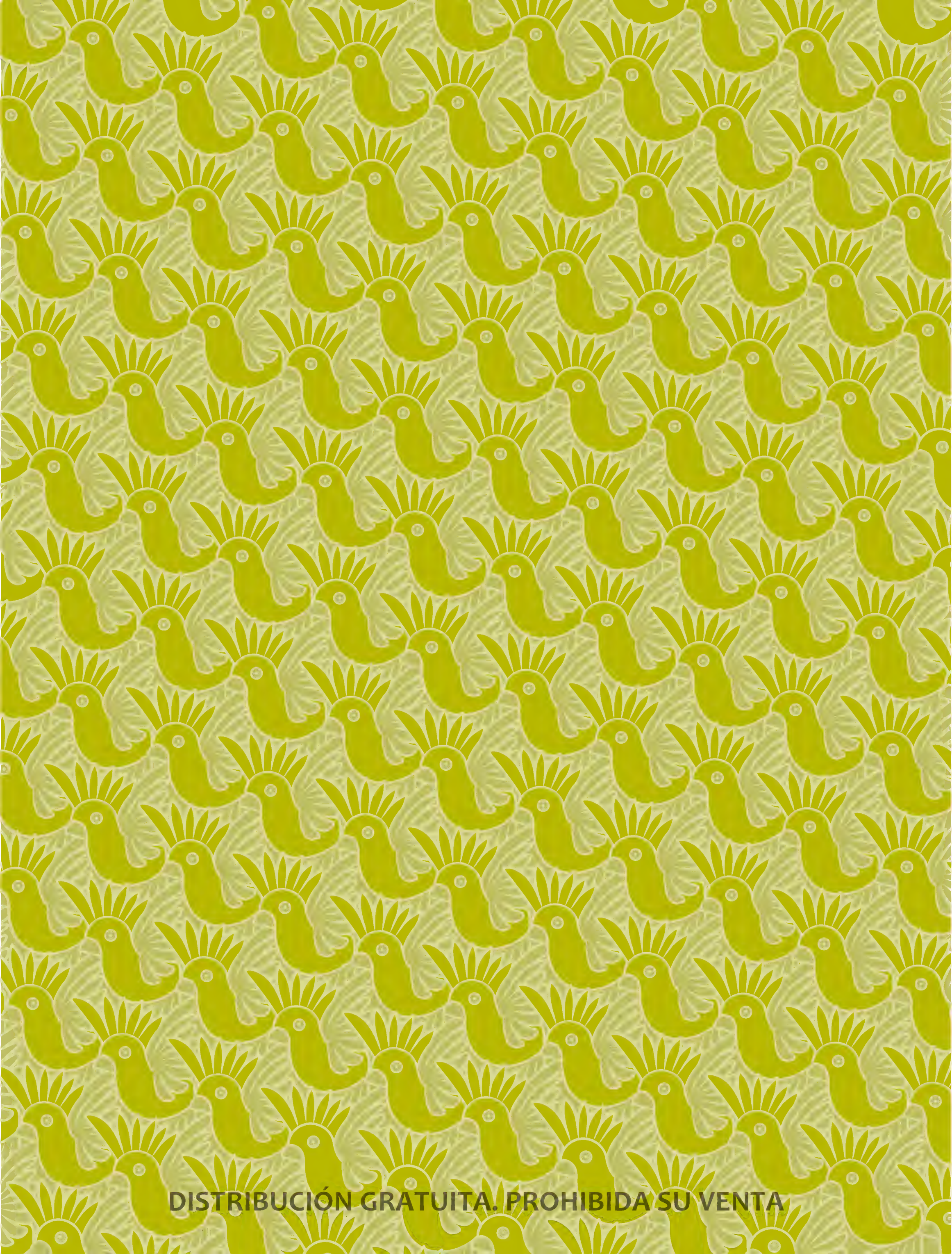
incluidas en la lista roja de la UICN en categorías de alta protección, debido a factores como sobreexplotación por cacería, destrucción y modificación de los hábitats.

Por último, en esta sección se describe la diversidad de mamíferos terrestres en la entidad. Sin incluir a los mamíferos marinos se reportan nueve órdenes, 24 familias, 92 géneros y 163 especies de mamíferos silvestres para Michoacán, que incluyen a 39 especies endémicas a México y tres endémicas para el estado: el murciélago amarillo de Infiernillo, la tuza michoacana y el ratón sagaz. El Sistema Volcánico Transversal es la provincia fisiográfica que presenta mayor riqueza de especies (120), mientras que la Altiplanicie es donde se encuentra el menor número de registros (64).

A pesar de ser organismos clave en la dinámica de los ecosistemas y de ser una importante fuente de alimento, vestido y transporte, seis especies de mamíferos silvestres, el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el murciélago platanero (*Musonycteris harrisoni*), el jaguar (*Panthera onca*), la tuza michoacana (*Zygogeomys trichopus*), el tigrillo (*Leopardus wiedii*) y el ocelote (*L. pardalis*) se encuentran actualmente considerados en peligro de extinción. Además, se registran poblaciones de 12 especies como amenazadas, incluyendo el murciélago trompudo mexicano (*Choeronycteris mexicana*), el jaguaroundi (*Puma yagouaroundi*), la nutria de río (*Lontra longicaudis*), el zorrillo pigmeo (*Spilogale pygmaea*) y el puerco espín (*Coendou mexicanus*).

En general, las principales amenazas que afectan a la biodiversidad michoacana son similares a las que se describen a nivel global, entre ellas destacan la introducción de especies exóticas, la explotación comercial, el cambio de uso del suelo, la contaminación ambiental, el cambio climático global y las enfermedades infecciosas. El efecto de estos factores varía de acuerdo con los diferentes grupos y regiones geográficas. Desafortunadamente, el nivel de transformación de los hábitats nativos de Michoacán hacia la agricultura y la ganadería, el desarrollo urbano y la extracción forestal es dramático, con una disminución de la cobertura de bosques templados y tropicales de 0.45 a 0.65% anual (de 1976 al 2000), por lo tanto, el registro actualizado de las especies del estado, así como la información sobre su distribución y estado de conservación, son esenciales como punto de partida en la búsqueda de estrategias de conservación eficientes que contrarresten los efectos de la destrucción y degradación de los hábitats que afectan la gran biodiversidad de Michoacán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad del pasado: invertebrados y mamíferos

MARÍA LUISA GARCÍA ZEPEDA, BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ Y JOAQUÍN ARROYO CABRALES

INTRODUCCIÓN

Durante millones de años (Ma), la Tierra ha estado habitada por seres vivos, muchos de ellos han dejado en las rocas rastros perceptibles de su existencia, estos rastros o también llamados fósiles permiten, en el presente, estudiar la vida desde sus inicios (McAlester 1973, Laporte 1974).

México cuenta con localidades fosilíferas, como Caborca, en Sonora (Cevallos-Ferriz *et al.* 1981) que comprenden edades desde el precámbrico, con una antigüedad aproximada de 650-570 Ma (Cevallos-Ferriz *et al.* 1988) o como Cedral, en San Luis Potosí, con una edad que va del pleistoceno hasta inicios del holoceno reciente, hace 10 mil años (Arroyo-Cabrales *et al.* 2008, Pérez-Crespo *et al.* 2009). Dichos depósitos se encuentran en todo el territorio nacional, aunque en algunas regiones se concentran los de algunas edades en particular.

En este capítulo se presentan registros fósiles de invertebrados marinos y mamíferos, ya que son los grupos más abundantes y con mayor distribución en el estado, por lo que son los más estudiados.

Los yacimientos fosilíferos de la entidad se encuentran distribuidos en casi todas sus provincias fisiográficas, aunque el mayor número de sitios se localiza en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y en el Sistema Volcánico Transversal (Antaramián y Correa 2003).

Los yacimientos de invertebrados marinos corresponden al periodo cretácico de la era mesozoica, con una antigüedad de alrededor de 110 Ma, y se encuentran en la región Huetamo-San Lucas, localizada al sureste, en la provincia fisiográfica Depresión del Balsas-Tepalcatepec, así como en la sierra de Coalcomán, ubicada al suroeste, en la provincia Sierra Madre del Sur (Antaramián y Correa 2003).

Los yacimientos de mamíferos pertenecen a la era cenozoica del plioceno/pleistoceno, con una antigüedad de 3.6 Ma (Carranza-Castañeda 1992), y del pleistoceno tardío, alrededor de 10 mil años (García-Zepeda 2006). Se encuentran en la cuenca lacustre de Cuitzeo, ubicada en la parte norte del estado, dentro de la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal que tuvo su origen en el mioceno, aproximadamente hace 23 Ma; en esa zona se desarrollaron las condiciones propicias para la fosilización y conservación de restos de mamíferos como caballos, camellos, bisontes y mamuts (García-Zepeda 2006).

García-Zepeda, M.L., B.E. Buitrón y J. Arroyo-Cabrales. 2019. Diversidad del pasado: invertebrados y mamíferos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 23-30.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FÓSILES DE INVERTEBRADOS MARINOS

Esos fósiles son importantes ya que proporcionan datos sobre la distribución primitiva en ríos, lagos y mares profundos y someros. Las conchas fósiles de los moluscos (grupo numeroso de invertebrados, tanto terrestres como marinos), son la evidencia directa de su existencia sobre la Tierra (Laporte 1974, Raup y Stanley 1978, Buitrón *et al.* 2010).

El territorio nacional, y particularmente Michoacán, estuvo invadido durante millones de años por el mar de Tetis, esas condiciones facilitaron la fosilización de los organismos invertebrados que vivieron en grandes plataformas y que fueron contenidos luego en rocas sedimentarias del jurásico y del cretácico (González *et al.* 1986).

Diversidad

En la región de Coalcomán, en el municipio del mismo nombre (18º 47′ N, 103º 10′ O; INEGI 1985), en la provincia Sierra Madre del Sur se encuentra un yacimiento de fósiles de invertebrados sobre rocas cretácicas sedimentarias y volcano-sedimentarias de la formación encino, cuya edad está comprendida entre el aptiano tardío (115 Ma) y albiano temprano (110 Ma; Pantoja-Alor y Estrada Barraza 1986, Alencáster y Pantoja-Alor 1986, Buitrón 1986). En estos afloramientos se tienen registradas 18 especies (apéndice 9), entre las que se encuentran esponjas perforadoras de la especie *Entobia cretacea*, foraminíferos (organismos unicelulares que generan un esqueleto calcáreo) como *Orbitolina morelensis,* moluscos bivalvos (con dos conchas o valvas unidas por bisagras y ligamentos) como *Coalcomana ramosa*, *Chondrodonta* sp., *Toucasia* sp. y 10 especies de gasterópodos (moluscos que, en la mayoría de las especies, presentan cabeza, un pie musculoso ventral y una concha dorsal) pertenecientes a las familias Turritellidae, Cerithidae, Naticidae, Nerineidae y Orthostomidae (figura 1, apéndice 9; Padilla-López 2011).

La región de Huetamo-San Lucas, al surponiente de Michoacán, entre las coordenadas 18° 20′-18° 45′ N, 100° 30′-100° 55′ O, ubicada dentro de los municipios del mismo nombre (provincia Depresión del Balsas-Tepaltepec), presenta estratos fosilíferos que corresponden a la edad del cretácico temprano (aptiano-albiano; Buitrón y Rivera-Carranco 1985). Para esta región se reportan 156 especies de invertebrados marinos pertenecientes a los grupos: Protozoa (grupo de organismos unicelulares), Porifera (invertebrados acuáticos sésiles que carecen de auténticos tejidos), Annelida (invertebrados con forma de gusano cuyo cuerpo está segmentado por anillos), Cnidaria (grupo de animales acuáticos que se caracterizan por poseer células urticantes en sus tentáculos), Mollusca (invertebrados de cuerpo blando, desnudo o protegido por una concha) y Echinodermata

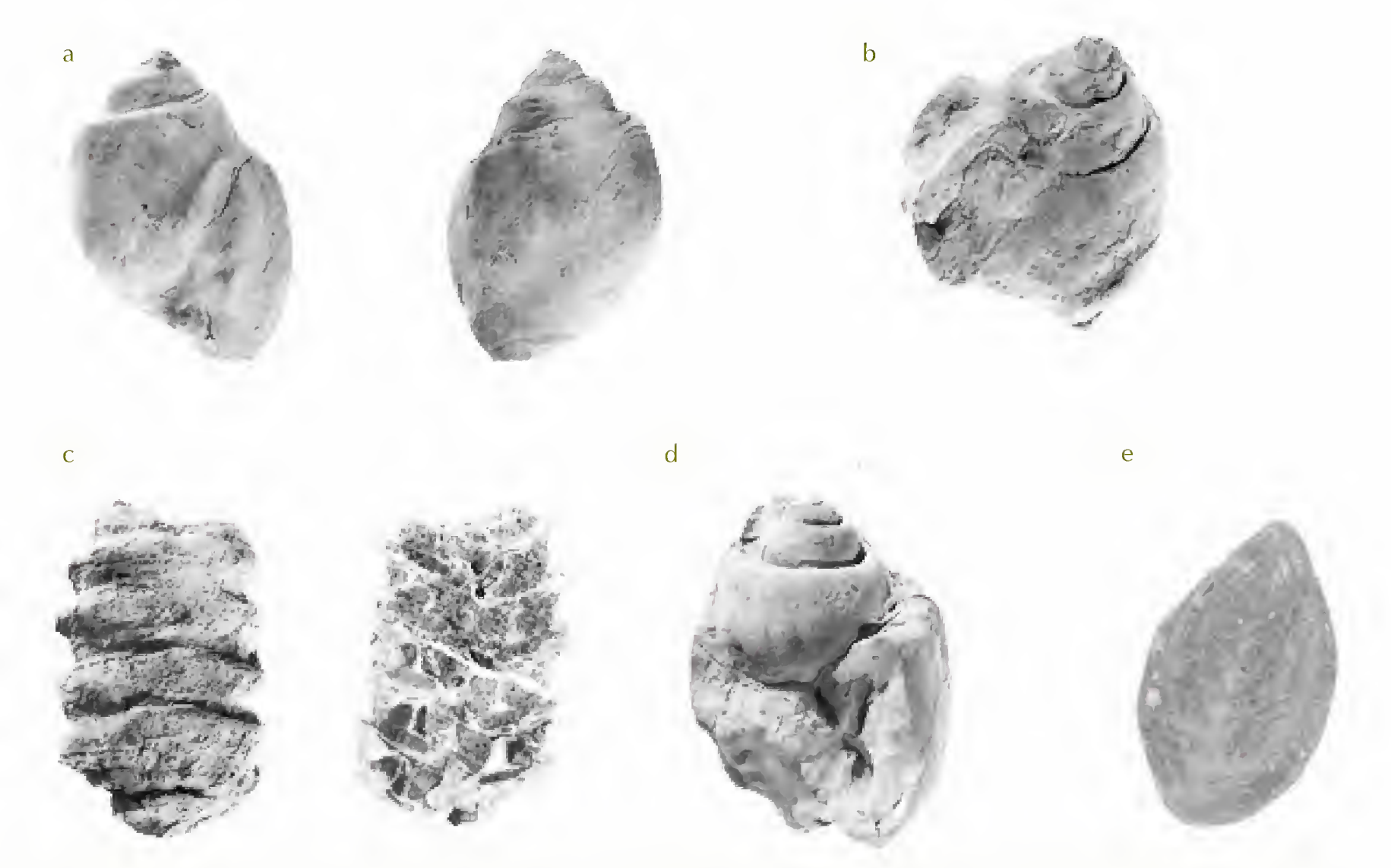


FIGURA 1. Fósiles de moluscos gasterópodos: a) *Natica conradi*, b) *Lunatia pedernalis*, c) *Nerinea azteca*, d) *Tylostoma aguilerai*, e) *Peruviella gerthi*. Fuente: modificadas de Padilla-López 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(invertebrados marinos, su cuerpo está cubierto de un esqueleto formado por placas calcáreas), especies de estrellas de mar y erizos (cuadro 1, apéndice 9). Los moluscos son el grupo que presenta el mayor número de especies (79).

Las especies de invertebrados marinos de la región de Coalcomán y Huetamo-San Lucas también se distribuyen en otras regiones del mundo, como al sur de Estados Unidos de América (Texas, Arizona y Nuevo México), España y Francia (Buitrón y Gómez 2003).

FÓSILES DE MAMÍFEROS

Los mamíferos son un grupo predominante de la era cenozoica y uno de los mejor documentados por la paleontología, incluyendo sus aspectos biológicos y ecológicos.

Su estudio es indispensable para comprender los procesos evolutivos, así como las relaciones entre los organismos y la dinámica climática de los ambientes a lo largo de las eras geológicas (Arroyo-Cabrales *et al.* 2008). En México, durante el pleistoceno tardío (rancholabreano) se han reportado al menos 13 órdenes, 44 familias, 146 géneros y 280 especies de mamíferos terrestres (Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2010).

Diversidad

En el estado se reportan 16 especies (apéndice 10), la mayoría distribuidas en la provincia Sistema Volcánico Transversal, en donde se localiza la cuenca de Cuitzeo (19º 46′ N, 101º 04′ O), ubicada en el municipio de Charo (López-García 2008). En la zona sur de dicha cuenca se encuentran secuencias lacustres desde el mioceno superior hasta el pleistoceno tardío. La fauna registrada para esta zona pertenece al blancano (3.6 Ma), incluyendo proboscidios (mamíferos placentarios emparentados con los elefantes) como *Rhynchoterium falconeri* (Carranza-Castañeda 1976) y *Rhynchoterium* sp. (García-Zepeda 2006, López-García 2008); una especie de ardilla gigante de tierra, *Paenemarmota barbouri* (Repenning 1962); un camello, *Megalotypus* sp. (López-García 2008); caballos primitivos como *Nannipus* cf. *moctezuma* (Arellano y Azcón 1949) y *Equus* (*Dolichohippus*) *simplicidens* (Carranza-Castañeda 1992).

Cabe mencionar que en los estratos superiores de estas secuencias se colectó material considerado como índice estratigráfico del pleistoceno, perteneciente a un mamut (*Mammuthus* sp.) y a un caballo (*E.* cf. *conversidens;* Carranza-Castañeda 1992).

En las provincias fisiográficas Sistema Volcánico Transversal y Altiplanicie existen cuatro localidades donde se encuentra fauna perteneciente al pleistoceno tardío (rancholabreano): 1) La Cinta, ubicada en la parte norte de la cuenca de Cuitzeo (20°05′ N, 101°09′ O; García-Zepeda 2006); 2) La Piedad de Cabadas, municipio del mismo nombre (20°23′- 20°19′ N, 102°02′-101°54′ O; Marín-Leyva 2011); 3) depresión de Zaragoza, municipio de Contepec (19°52′ N, 100°7′ O; García-Zepeda y Garduño-Monroy 2006); y 4) la porción oriental del lago de Pátzcuaro, municipio de Tzintzuntzan (19°35′ N, 101°35′ O; Robles-Camacho *et al.* 2010).

Los taxa encontrados son: mamut (*Mammuthus columbi,* figura 2), venado cola blanca (*Odocoileus* cf.

CUADRO 1. Grupos de invertebrados marinos registrados en Huetamo-San Lucas.

Phylum	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Referencias
Protozoa	1	13	15	16	Ayala-Castañares 1960, Pantoja-Alor *et al.* 1994, Omaña y Pantoja-Alor 1998, Luperto y Pantoja-Alor 1999
Porifera	1	1	1	1	Jiménez 1998
Annelida	1	1	1	1	Buitrón *et al.* 2003
Cnidaria	1	26	39	44	Filkorn y Pantoja-Alor 2009
Mollusca	14	29	48	79	Pantoja-Alor 1956, Buitrón 1973, Valdez 1984, Buitrón y Rivera-Carranco 1985, Alencáster y Pantoja-Alor 1995, 1998; Jiménez 1998, Buitrón y Pantoja-Alor 1998, Nicolás 1998, Luperto y Pantoja-Alor 1999, Buitrón *et al.* 2003
Echinodermata	3	4	6	15	Buitrón 1973, García-Barrera y Pantoja-Alor 1991, López-García 1993, Jiménez 1998
Total	**21**	**74**	**110**	**156**	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

virginianus), bisonte (*Bison* sp.), camello (*Camelops* sp., figura 3), conejo (*Lepus* sp.), rata (*Neotoma* cf. *tlapacoyana*), caballos (*Equus* sp.; véase Estudio de caso. Los caballos fósiles, en esta obra) y gonfoterios (parientes de los elefantes) como *Cuvieronius* sp. (figura 4; García-Zepeda y Garduño-Monroy 2006, García-Zepeda 2006) y *C. hyodon* (Robles-Camacho *et al.* 2010; apéndice 10).

En la localidad de Hihuitlán, municipio de Chinicuila (18° 52′ N, 103° 24′ O), en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, se registró por primera vez, en Norteamérica, la presencia del *Mixotoxodon* sp., del orden Notoungulata (Polaco *et al.* 2004; véase Estudio de caso. El *Mixotoxodon* michoacano, en esta obra). En México sólo existen otros sitios con presencia de este género en Veracruz (Polaco *et al.* 2004, Rodríguez-de la Rosa *et al.* 2011), y en Estados Unidos de América se tienen reportes en Texas (Lundelius *et al.* 2013).

En las cuencas lacustres y fluviolacustres de la entidad michoacana, como es Cuitzeo, Pátzcuaro y Zaragoza (Sistema Volcánico Transversal; Antaramián y Correa 2003), se han reportado mamíferos en sedimentos del blancano, que va de 4.6 a 1.35 Ma, y del pleistoceno tardío (rancholabreano) con un lapso de

FIGURA 2. Paquidermo herbívoro, mamut de Columbia (*Mammuthus columbi*; Falconer, 1857). Fuente: Sergio de la Rosa/Banco de Imágenes CONABIO.

FIGURA 3. Camello americano (*Camelops hesternus;* Leidy, 1873). Herbívoro migratorio en Norteamérica. Fuente: Sergio de la Rosa/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Gonfoterio de Cuvier (*Cuvieronius tropicus*; Cope, 1884). Distribuido en el norte, centro y sur de América, hasta su extinción hace 10 mil años. Fuente: Sergio de la Rosa/Banco de Imágenes CONABIO.

entre 160 y 10.5 Ka (mil años). La cuenca de Cuitzeo es la que presenta el mayor registro fósil, en ésta se ha registrado la acumulación de más de 200 m de sedimentos fluviolacustres y volcánicos (Garduño-Monroy *et al.* 1999).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Los fósiles son una parte no renovable del patrimonio natural, su registro se extiende desde hace 3 500 Ma y aporta información sobre el origen y evolución de los seres vivos e historia de la Tierra (Benton y Harper 2009).

Por ejemplo, los fósiles de invertebrados marinos encontrados en Michoacán a gran altura, sobre el nivel del mar, son prueba de los diversos cambios geológicos (subducción, intemperismo y erosión) y biológicos (evolución, extinción) que han ocurrido en el estado y en el país (Buitrón y Gómez 2003).

El estudio de los mamíferos fósiles es importante para comprender los procesos evolutivos, su modo de vida (dieta y hábitat), las causas de extinción, los efectos de las variaciones climáticas, y para desarrollar modelos predictivos de ambientes futuros (Arroyo-Cabrales *et al.* 2008, Benton y Harper 2009).

En el aspecto económico algunos grupos de foraminíferos resultan importantes porque son indicadores de reservas de petróleo; su valor comercial puede reducirse o aumentar dependiendo del tipo de foraminífero (Benton y Harper 2009).

Por su parte, las diatomeas juegan un papel importante en la exploración y explotación de recursos minerales.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Actualmente, los yacimientos fosilíferos de la entidad están siendo saqueados por personas sin conocimiento científico como coleccionistas particulares y comerciantes (Arroyo-Cabrales 2005, 2010); aunado a esto, el cambio de uso del suelo, la urbanización y los procesos geológicos (intemperismo y erosión) están provocando una rápida alteración y disgregación del material fósil (Garduño-Monroy 2007, 2010). Además, tanto en el estado como en el país, todavía se cuenta con un número insuficiente de especialistas y escasos recursos para la investigación paleontológica.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

En la entidad no existen programas de preservación de los yacimientos fosilíferos que contemple el rescate, la conservación y la protección; sin embargo, debe señalarse que existe una declaratoria presidencial, desde 1986, que protege el patrimonio paleontológico de todo el país, además de que la institución que actualmente está a cargo de su protección, el INAH, ya inició el registro legal de las colecciones paleontológicas (Aguilar y Porras-Múzquiz 2009). En ese sentido es prioritario establecer un sistema que promueva el resguardo del material y recabar nuevos datos sobre las poblaciones fósiles en el estado. Asimismo, es importante realizar un programa de conservación y protección del registro fósil en Michoacán, con el fin de alentar a los coleccionistas, tanto aficionados como comerciantes, instituciones y académicos, a recolectar de manera responsable y gestionar las colecciones de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tal manera que sean útiles para las generaciones futuras. Con esto se pretende aumentar el interés público hacia el patrimonio fósil del estado y promover este recurso con fines científicos, educativos y recreativos.

En la entidad ya hay interés por formar un museo de paleontología con el fin de divulgar la importancia de los fósiles como vestigios de la vida prehistórica, así como salvaguardar ese importante patrimonio, promoviendo su conservación, estudio científico y educación, lo que permitirá conocer más sobre las especies que vivieron en Michoacán hace miles o millones de años.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Las investigaciones paleontológicas han proporcionado información valiosa de la vida en el pasado, aunque de forma sesgada debido a la naturaleza propia del registro fósil. El estado aún cuenta con muchas áreas poco estudiadas, como Arteaga, Tumbiscatio, Coahuayana, Chinicuila, Tiquicheo, Zacapu y Maravatío. Los estudios futuros deberán proporcionar información más clara sobre la diversidad, la distribución geográfica, las causas de las extinciones, y apoyar en la elaboración de paleoambientes para comprender los escenarios actuales, ya que existe interés en tratar de establecer evidencias claras sobre las causas de la extinción de los mamíferos que se han reportado para las cuencas lacustres de la entidad. Además, los yacimientos son sitios ideales para estudiar los cambios ambientales, ya que los sedimentos depositados en sus fondos registran las características de los lagos y sus alrededores.

CONCLUSIONES

La comunidad de invertebrados fósiles del mesozoico se desarrolló en un ambiente marino de agua somera y cálida que fue dominada por los gasterópodos y por la fauna acompañante de corales y rudistas (orden extinto de moluscos que presentaban dos conchas asimétricas). La distribución de los gasterópodos y equinoides tiene valor paleogeográfico, por lo que se correlaciona con otras localidades de México (Baja California, Chihuahua, Michoacán, Jalisco, Colima, Guerrero y Puebla), Estados Unidos de América (Texas) y la cuenca mediterránea (España y Francia), que formaron parte del mar de Tetis (Buitrón y Gómez 2003).

Los estudios paleontológicos en el estado muestran una escasa diversidad de vertebrados terrestres en relación con los invertebrados marinos (Padilla-López 2011). La fauna de mamíferos en las cuencas de Michoacán permite inferir que el ambiente era heterogéneo, con presencia de espacios abiertos en las zonas bajas y hábitats boscosos en las zonas altas.

Debido al proceso de fosilización de los organismos en el pasado no es posible evaluar la diversidad real de la fauna, aunque con su estudio se logra dar impulso a las exploraciones paleontológicas, así como mejorar técnicas para la recuperación de restos fósiles de tamaño pequeño, y con ello poder hacer una aproximación más confiable en la evaluación de la diversidad fósil.

REFERENCIAS

Aguilar, F.J. y H. Porras-Múzquiz. 2009. Los fósiles del museo de Múzquiz A.C. y su resguardo patrimonial por el Instituto Nacional de Antropología e Historia. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 61:147-153.

Alencáster, G. 1956. Pelecípodos y gasterópodos del cretácico inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlán, estado de Puebla. *Paleontología Mexicana* 2:1-47.

Alencáster, G. y J. Pantoja-Alor. 1986. *Coalcomana ramosa* (Boehm) (Bivalvia: Hippuritacea) del albiano temprano del cerro Tuxpan, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47:33-40.

——. 1995. New early *Aptian rudists* (Bivalvia: Hippuritacea) from Huetamo area in southwestern México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 12:123-134.

——. 1998. Two new Lower Cretaceous (Bivalvia: Hippuritacea) in Huetamo region of Southwestern Mexico. *GEOBIOS Mémoire special* 22:15-28.

Álvarez, T. y J.J. Hernández Chávez. 1994. Estudio de los restos de Neotoma (Rodenti: Cricetidae) del Pleistoceno-Holoceno de Tlapacoya, Estado de México, México con descripción de dos nuevos taxa. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología* 7(29):1-11.

Antaramián, H.E. y P.G. Correa. 2003. Fisiografía. En: *Atlas geográfico de Michoacán*. Secretaría de Educación Pública en Michoacán (SEP)/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). EDDISA, México.

Arellano, A.R.V. y E. Azcón. 1949. Pre-*Equus* caballos de la Goleta (Morelia) Michoacán. *Sociedad Geológica de América* 60:18-71.

Arroyo-Cabrales, J. 2005. Profesor investigador titular "C" del Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solózarno", Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Comunicación personal, febrero.

Arroyo-Cabrales, J., A.L. Carreño, S. Lozano-García y M. Montellano-Ballesteros. 2008. La diversidad del pasado. En: *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad*. J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente-Bousquets (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, pp. 227-262.

Ayala-Castañares, A. 1960. *Orbitolina morelensis* sp. nov. de la formación Morelos del cretácico inferior (albiano) de la región de Huetamo, Michoacán, México. *Paleontología Mexicana* 6:1-16.

Benton, M. y D.A.T. Harper. 2009. *Introduction to paleobiology and the fossil record*. Wiley-Blackwell, EUA.

Buitrón, B.E. 1973. *Tetragramma gloriae* n.sp., equinoide de la formación de San Lucas (hauteriviano-aptiano) de la región de Huetamo, Michoacán. *Paleontología Mexicana* 36:33-41.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

——. 1986. Gasterópodos del cretácico (albiano tardío-albiano temprano) del cerro de Tuxpan, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47:17-30.

Buitrón, B.E. y E. Rivera-Carranco. 1985. Nerineidos (Gastrópoda: Nerineidae), Cretácico de la región de Huetamo-San Lucas, Michoacán. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 46:65-84.

Buitrón, B.E. y J. Pantoja-Alor. 1998. Albian gastropods of the rudist-bearing Mal Paso Formation, Chumbítaro región, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 15:14-20.

Buitrón, B.E., J. Pantoja-Alor y E. Romo de la Rosa. 2003. Gasterópodos cretácicos (aptiano-albiano) de la región de San Lucas, estados de Michoacán y Guerrero. En: *Universitario impulsor de la investigación científica*. L.A. Soto (ed.). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, pp. 177-188.

Buitrón, B.E. y C. Gómez. 2003. Cretaceous (Aptian: Cenomanian) gastropods of Mexico and their biogeographic implications. En: *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*. C. Bartolini, R.T. Buffler y J. Blickwede (eds.). AAPG Memoir, pp. 403-418.

Buitrón, B.E., E. Almazán-Vázquez y C. Gómez-Espinosa. 2010. *Paleontología general. Invertebrados*. Facultad de Ingeniería-UNAM, México.

Carranza-Castañeda, O. 1976. *Rhynchotherium falconeri* del rancho la Goleta, Michoacán, México. En: *Memorias del III Congreso Latinoamericano de Geología*. Instituto de Geología-UNAM, México.

——. 1992. Una nueva localidad del hemfiliano tardío en la Mesa Central de México. *Revista del Instituto de Geología* 10:179-196.

Cevallos-Ferriz, S., A. Salcido y A. Pelayo. 1981. Una nueva sección del precámbrico de Sonora: los estromatolitos y su importancia en estos estudios. *Revista del Instituto de Geología* 5:19-16.

Cevallos-Ferriz, S., A. Pelayo-Ledesma y A. Salcido-Reyna. 1988. Presencia del estromatolito Colonnella Komar, 1964, y su contribución al esquema paleoecológico de la formación Gamuza (rífico) de Caborca, Sonora. *Revista del Instituto de Geología* 7(2):206-216.

Ferrusquía-Villafranca, I., J. Arroyo-Cabrales, E. Martínez-Hernández *et al.* 2010. Pleistocene mammals of Mexico: a critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality. *Quaternary International* 217:53-104.

Filkorn, H.F. y J. Pantoja-Alor. 2009. Cretaceous corals from the Huetamo region, Michoacán and Guerrero, Southwestern Mexico. *Boletín 116*. Instituto de Geología-UNAM, México.

García-Barrera, P. y J. Pantoja-Alor. 1991. Equinoides de albiano tardío de la formación Malpaso en la región de Chumbítaro, estados de Guerrero y Michoacán, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología* 4:23-41.

García-Zepeda, M.L. 2006. *Nuovi dati Paleontologici dalla depressione lacustre di Cuitzeo Michoacán, México*. Tesis de doctorado en ciencias de la tierra. Universidad de los Estudios de Florencia, Italia.

García-Zepeda, M.L. y V.H. Garduño-Monroy. 2006. Distribución y nuevos registros de *Mammuthus columbi* (Falconer 1857) en el estado de Michoacán, México. *Revista Biológicas* 8:5-17.

Garduño-Monroy, V. 2007. Profesor investigador titular "C", tiempo completo, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH. Comunicación personal, agosto.

Garduño-Monroy, V., H.P. Corona-Chávez, I. Israde-Alcántara *et al.* 1999. *Carta Geológica de Michoacán. Escala 1:250,000.* Secretaría de Difusión y Extensión Universitaria, UMSNH, Michoacán.

González, H., P. Miranda y L. Flores. 1986. La carta de terrenos y conjuntos estratotectónicos de la república mexicana. *Revista de Geografía* 1:1.

Hill, R.T. 1888. *The Neozoic geology of southwestern Arkanses: Arkansas Geological Survey.* Annual Report. EUA.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. *Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán.* México.

Jiménez, L.R. 1998. *Conocimiento actualizado de los invertebrados cretácicos de la colección paleontológica de la facultad de biología de la UMSNH.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Laporte, L.F. 1974. *Los ambientes antiguos. Fundamentos de las ciencias de la Tierra.* Ediciones Omega, S.A., España.

López-García, R. 1993. *Análisis bioestadístico de las especies del género Heteraster d´*Orbigny, 1853 del *cretácico temprano de Chumbítaro, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

López-García, J.R. 2008. *Estudio estratigráfico, sedimentológico y paleontológico de la región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Tesis de maestría en geociencias y planificación del territorio. UMNSH, Morelia.

Lundelius, E.L., Jr.V.M. Bryant, R. Mandel *et al.* 2013. The first occurrence of a toxodont (Mammalia: Notoungulata) in the United States. *Journal of Vertebrate Paleontology* 33:229-232.

Luperto-Sinni, E. y J. Pantoja-Alor. 1999. Foraminifers and rudists from the Mal Paso Formation (late Albian-early Cenomanian) Chumbítaro region, SW Mexico. En: *Fifth International Congress of Rudists*.

Marín-Leyva, A.H. 2011. *Caballos del pleistoceno y sus paleoambientes en dos cuencas de Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMNSH, Morelia.

McAlester, A.L. 1973. *La historia de la vida. Fundamentos de las ciencias de la Tierra*. Ediciones Omega, S.A., España.

Nicolás, P. 1998. *Gasterópodos cretácicos de las localidades de Chumbítaro y Las Calizas en el sureste del estado de Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia..

Omaña, P.L. y J. Pantoja-Alor. 1998. Early Aptian benthic foraminifera from the El Cajon Formation, Huetamo, Michoacan, SW Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 15:64-72.

Olsson, A.A. 1943. Contributions to the paleontology of northern Peru. The Creataceous of the Amotape region: *American Paleontology Bulletin* 20(69):102.

Padilla-López, M.G. 2011. *Invertebrados fósiles (Mollusca: Gastropoda) de la región de Coalcomán, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Pantoja-Alor, J. 1956. Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Estado de Michoacán. Consejo de Recursos Naturales no Renovables. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 50:36.

Pantoja-Alor, J. y B.S. Estrada-Barraza.1986. Estratigrafía de los alrededores de la mina de El Encino, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47:1-15.

Pantoja-Alor, J., R. Schoeder, A. Cherchi *et al.* 1994. Fossil assemblages, mainly foraminifers and rudists from the early Aptian of SW Mexico-paleobiogeographical conse-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

quences for the Caribbean region. *Revista Española de Paleontología* 9:211-219.

Pérez-Crespo, B.A., B. Sánchez-Chillón, J. Arroyo-Cabrales *et al.* 2009. La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del pleistoceno tardío de El Cedral con base en isótopos estables (δ13C, δ18O). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26:347-55.

Polaco, O.J., A.F. Guzmán y G.T. Ramírez. 2004. Occurrence of toxodonts in the Pleistocene of México. *Current Research in the Pleistocene* 21:113-115.

Raup, D.M. y S.M. Stanley. 1978. *Principios de paleontología*. Editorial Ariel, Barcelona-Caracas-México.

Repenning, C. 1962. The Giant Ground Squirrel Paenemarmota. *Journal of Paleontology* 36:540-556.

Robles-Camacho, J., P. Corona-Chávez, M. Morales-Gámez *et al.* 2010. Estratigrafía y paleoambiente asociados a un Gomphoteriidae *(Cuvieronius hyodon)* en Tzintzuntzan, Michoacán, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27:530-544.

Rodríguez-de la Rosa, R.A., J.R. Guzmán-Gutiérrez y C. Ortega-Hurtado de Mendoza. 2011. A new occurrence of toxodonts in the Pleistocene of México. *Current Research in the Pleistocene* 28:29-30.

Roemer, F.A. 1849. *Texas, mit besonderer Roecksichtaut auf deutshe Auswanderung und liephysischen Verhaelthisse des Landres.* Adolph Marcus, Bonn.

Valdez G., M.R. 1984. Gasterópodos (Mollusca: Gastropoda) del cretácico temprano de Cocuaro y Los Llanos, Michoacán, México. En: *Memorias III Congreso Latinoamericano de Paleontología.*

Van Frank, R. 1957. A fossil collection from northern Venezuela. I. Toxodontidae (Mammalia: Notungulata). *American Museum Novitates* 1850:1-38.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Los caballos fósiles en los municipios Charo, Cuitzeo del Porvenir y La Piedad de Cabadas

ALEJANDRO HIRAM MARÍN LEYVA, MARÍA TERESA ALBERDI ALONSO Y JOSÉ RAMÓN LÓPEZ GARCÍA

INTRODUCCIÓN

En la literatura se registra que gran parte del conocimiento acerca de los caballos (familia Equidae) está relacionado con la historia de la humanidad, ya que los equinos se han asociado con los humanos por lo menos desde hace 350 siglos. El registro más antiguo es el de las pinturas rupestres del paleolítico, de Francia y España, que podrían datarse entre 35 mil y 100 mil años, teniendo un papel muy importante en el arte, la cultura y la ciencia (MacFadden 1992, Alberdi y Prado 2004).

Esta familia tiene un rol predominante en las teorías evolutivas debido a su abundante registro fósil, dicha condición puede explicarse ya que son animales herbívoros con tendencia a vivir en grandes manadas y que sus dientes se conservan de manera excepcional, lo que proporciona información directa sobre las especies y sus hábitos de vida. Aunado a lo anterior, la familia Equidae se expandió por casi todo el mundo, a excepción de Australia y la Antártica, y cuenta con una historia evolutiva de cerca de 60 millones de años (Ma; Alberdi y Prado 2004).

La familia Equidae pertenece al orden Perissodactyla (grupo de mamíferos que se caracterizan por presentar números impares de dedos terminados en pezuñas y un astrágalo con tróclea simple) que incluye a los rinocerontes, tapires y otros grupos extintos. En la actualidad sólo se conoce un representante, el género *Equus*, que incluye todos los caballos, asnos y cebras (MacFadden 2005).

Esta familia se originó y tuvo una diversificación temprana en Norteamérica hace aproximadamente 55 Ma. El primer representante fue el *Sifrhippus,* procedente de las selvas húmedas del eoceno (hace 56 Ma), un pequeño caballo de masa corporal de entre 5 y 6 kg, dentición braquiodonta (dientes con coronas bajas; figura 1), dieta sobre todo ramoneadora y frugívora, así

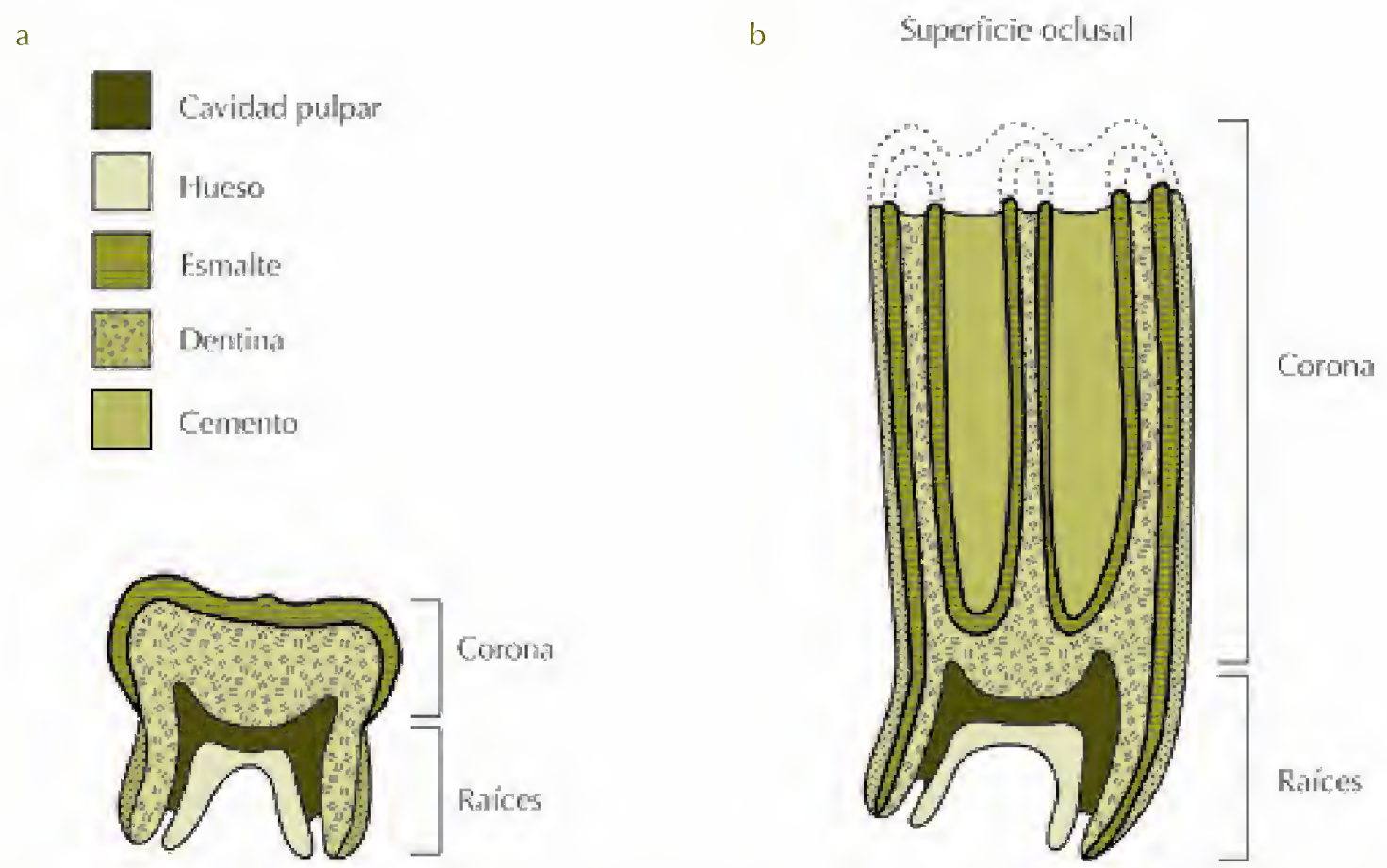


FIGURA 1. Esquema general de los dientes: a) con corona muy corta (braquiodontos), b) con coronas muy altas (hipsodontos). Fuente: elaboración propia, modificado de Strömberg 2006.

Marín-Leyva, A.H., M.T. Alberdi y J.R. López García. 2019. Los caballos fósiles en los municipios Charo, Cuitzeo del Porvenir y La Piedad de Cabadas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 31-34.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

como cuatro y tres dedos funcionales en las patas delanteras y traseras, respectivamente, que le servían para desplazarse entre la hojarasca y el suelo blando. En Europa el primer representante conocido es *Hyracotherium* (Froehlich 2002, Alberdi y Prado 2004, MacFadden 2005, Secord *et al.* 2012).

Los caballos tuvieron su máxima radiación adaptativa (rápida especiación biológica de un solo ancestro que deriva en muchos taxones; Simpson 1953), en el mioceno medio; es decir, hace unos 25 Ma en Norteamérica, cuando los cambios ambientales que ocurrían en ese momento modificaron el paisaje y dieron lugar al desarrollo de amplios pastizales o biomas abiertos y favorecieron el desarrollo de équidos con dientes hipsodontos (con coronas altas; figura 1), con una alimentación más abrasiva y extremidades adaptadas a la carrera (MacFadden 2005), los cuales pertenecen a la subfamilia Equinae (tribus Equini e Hipparionini).

Existen dos hipótesis que tratan de explicar el origen de esa subfamilia, la primera es de Simpson (1951) que menciona que las dos tribus provienen a su vez de dos linajes de *Merychippus,* y la de MacFadden (1992) que argumenta que la subfamilia Equinae y el género *Merychippus* tienen un ancestro común.

La tribu Hipparionini (caballos de tres dedos), se caracteriza por tener el protocono (cúspide lingual principal, en los molares de la mandíbula superior de los mamíferos) aislado del protolofo (cresta transversal anterior de los molariformes, en la mandíbula superior de los mamíferos, y que une el protocono y el paracono; figura 2). Ese género vivió en el mioceno y plioceno (entre 24-23 a 2.5 Ma), en el Nuevo y Viejo Mundo, y hasta el pleistoceno medio (cerca de 1 Ma o quizá más) en África.

La tribu Equini (caballos de un solo dedo funcional, con el protocono fusionado al protolofo; figura 2) tuvo representantes con un alto grado de diversificación durante el mioceno medio y superior (entre 20 y 3-2.5 Ma) en Norteamérica, y migraron a Eurasia donde se extinguieron, sobre todo durante el final de la última era glacial (hace más de 10 mil años; en el límite del pleistoceno-holoceno) quedando algunas poblaciones residuales en Asia y África (MacFadden 1984, 2005; Alberdi y Prado 2004).

REGISTRO FÓSIL EN EL ESTADO

El registro fósil mundial detalla con claridad la evolución de los caballos. En México existen fósiles importantes de este proceso. En la entidad se tiene evidencia de dos géneros de caballos, uno perteneciente a la tribu Hipparionini (*Nannippus;* Matthew, 1924) y otro a la Equini (*Equus;* Linnaeus, 1758), descubiertos en tres yacimientos fosilíferos: uno en la zona sur (La Goleta, municipio de Charo), otro al norte del actual lago Cuitzeo (La Cinta-Portalitos, municipios de Cuitzeo del Porvenir, Michoacán y Moroleón, Guanajuato) y el tercero en la parte baja del río Lerma (municipios La Piedad de Cabadas, Michoacán y Pénjamo, Guanajuato), todos forman parte de la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal.

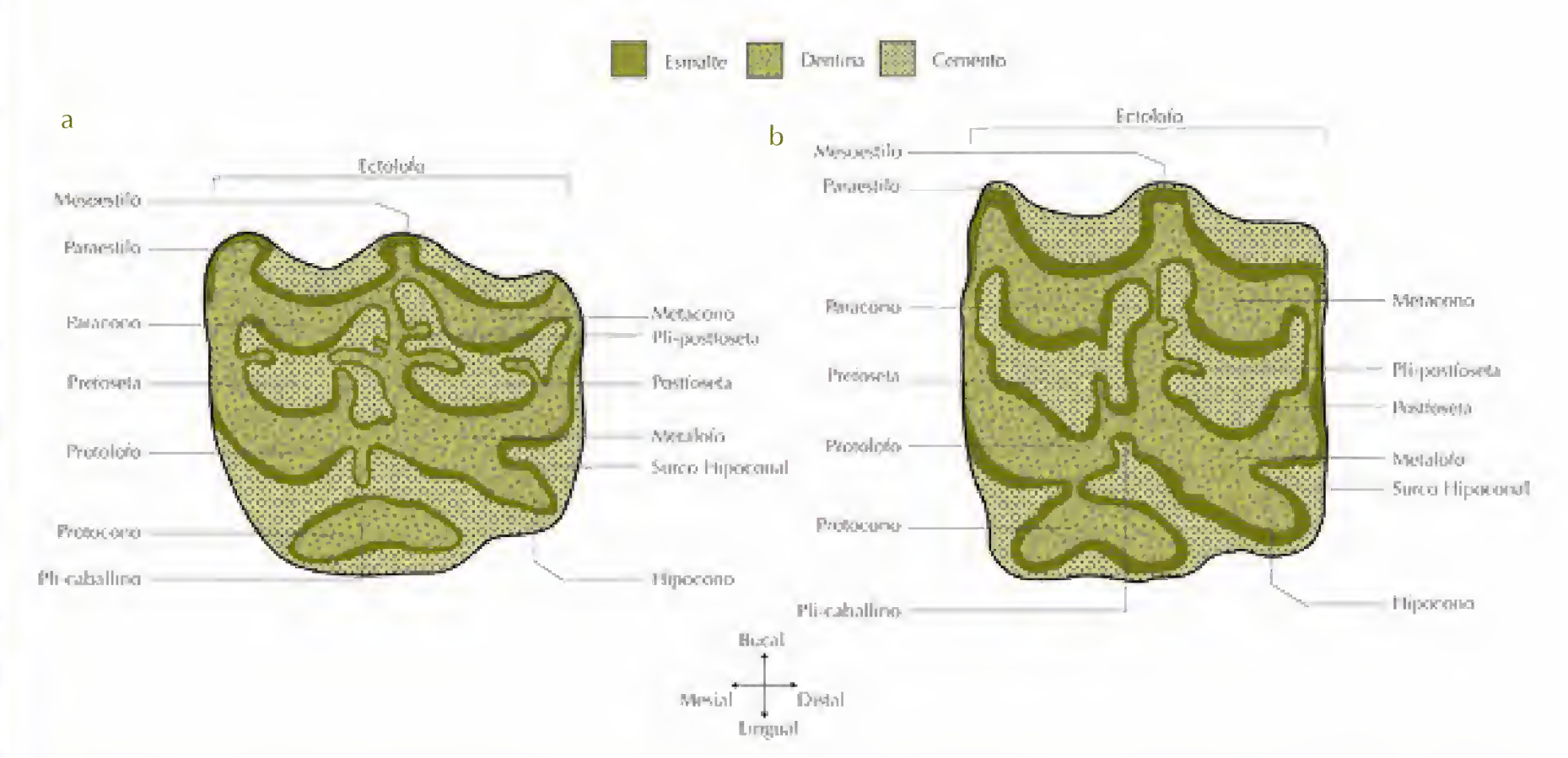


FIGURA 2. a) Vista oclusal (superficie superior) de un segundo molar (M2) superior de *Hipparion*, b) vista oclusal de un segundo molar (M2) superior de *Equus*. Fuente: elaboración propia, modificado de Strömberg 2006.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

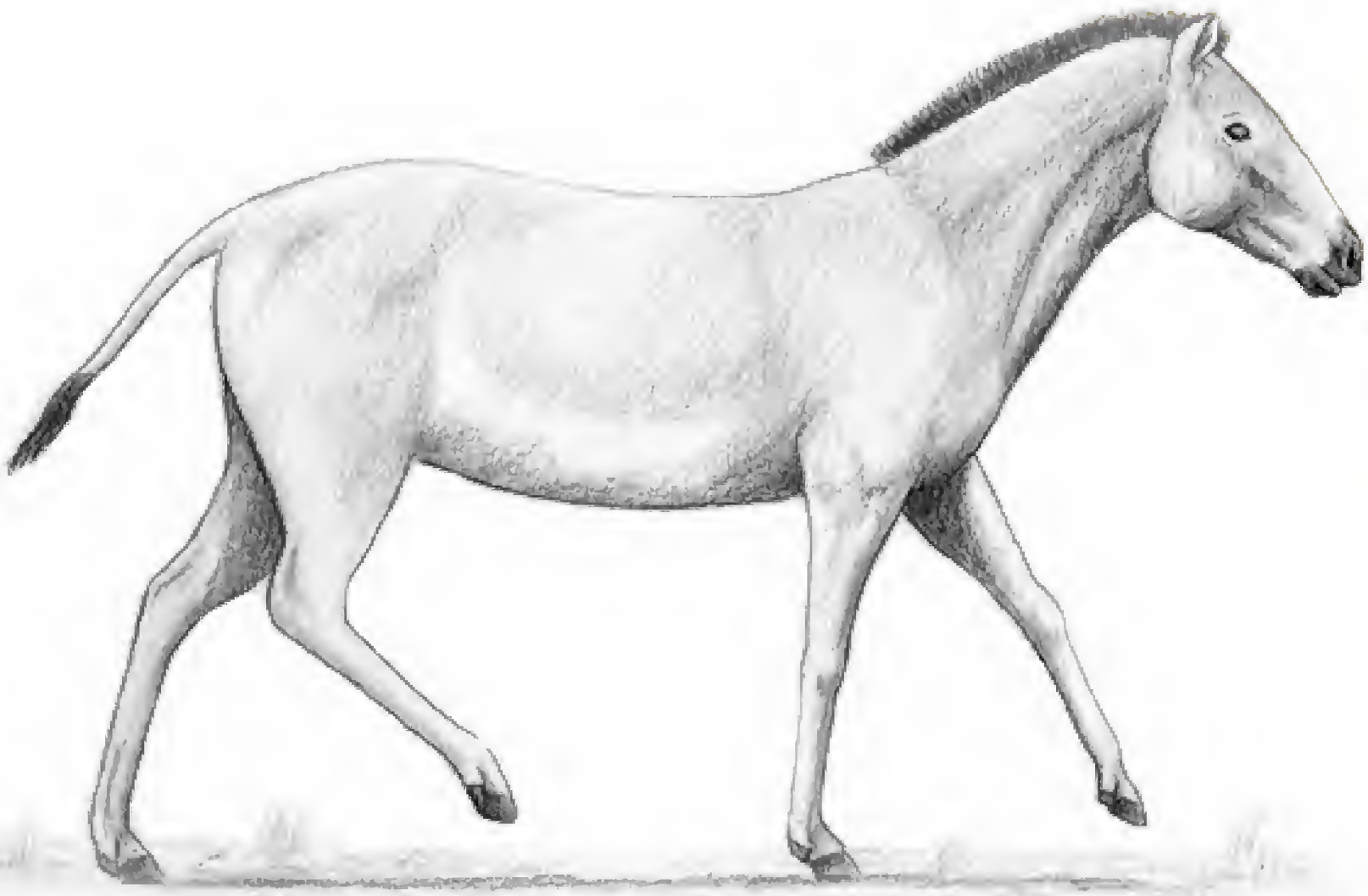


FIGURA 3. Reconstrucción de un caballo *Nannippus* sp. Fuente: elaborado por el Laboratorio de Paleontología de la UMSNH.

El caballo *Nannippus* (figura 3) es uno de los últimos representantes de la tribu Hipparionini en Norteamérica, donde se encuentra desde el mioceno tardío o hemfiliano, hasta el plio-pleistoceno o blancano (entre 8 y 2 Ma). Este caballo se caracterizaba por su pequeño tamaño, masa corporal de aproximadamente 63 kg, dientes molares con una corona muy desarrollada, con una dieta pastadora o mixta y una amplia distribución en América central y el sur de Norteamérica (MacFadden *et al.* 1999). En la entidad los restos de este caballo datan de la edad del blancano y han sido encontrados en el rancho La Goleta, cerca del municipio de Charo (Arellano y Azcón 1949, MacFadden 1984, Alberdi y Prado 2004, Bell *et al.* 2004).

En el estado el representante fósil de la tribu Equini es el género *Equus,* que incluye a los caballos modernos, domésticos y salvajes. MacFadden (2005) los separa en tres grandes grupos de acuerdo con sus características morfológicas: caballinos (*E. ferus*), cebras (tres especies reconocidas) y asnos, burros y especies relacionadas. *Equus* se originó en el plioceno o blancano de Norteamérica, se dispersó por casi todo el mundo, con excepción de Australia y la Antártida, y se extinguió a finales del pleistoceno, hace aproximadamente 10 mil años. Las especies de este género tenían un tamaño y masa corporal variable, dientes hipsodontos, dieta pastadora o mixta (MacFadden 2005, Pérez-Crespo *et al.* 2009).

En el estado, dentro del municipio de Charo se han encontrado restos fósiles de *Equus simplicidens* (Cope 1892), el primer caballo (tal y como los conocemos en tiempos recientes) de la edad del blancano (figura 4). También se tienen registros de tres especies de *Equus* rancholabreanas (0.16-0.01 Ma), con características de talla y masa corporal diferentes, halladas en un yacimiento cercano a los municipios Cuitzeo del Porvenir y otro en La Piedad de Cabadas (Carranza-Castañeda 1991, Alberdi y Prado 2004, Bell *et al.* 2004, Marín-Leyva 2011).

El conocimiento que se tiene en el estado sobre los caballos aporta información valiosa acerca de la evolución de esta familia en México. Actualmente se hacen investigaciones para inferir la dieta y el hábitat de las especies pleistocénicas, lo cual aportará datos más claros sobre la interacción de estas especies con otras que se encontraban en la región, así como del paleoambiente en el que vivían, lo que ayudará a resolver dudas específicas sobre ¿cómo afectaban los cambios ambientales de finales del pleistoceno a la fauna? y ¿cuáles fueron las causas de extinción de la megafauna donde estos équidos desaparecieron?

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

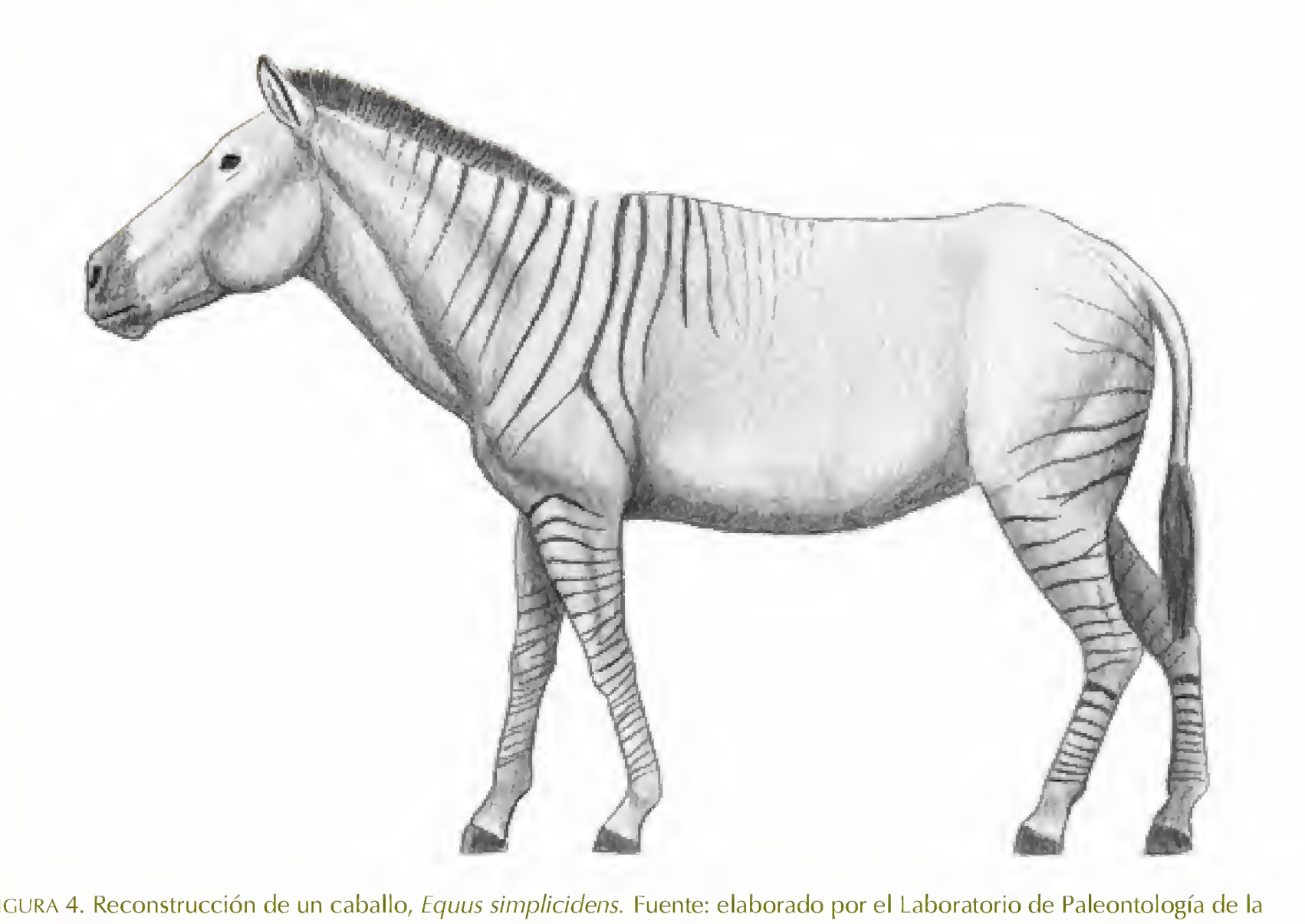


FIGURA 4. Reconstrucción de un caballo, *Equus simplicidens*. Fuente: elaborado por el Laboratorio de Paleontología de la UMSNH.

REFERENCIAS

Alberdi, M.T. y J.L. Prado. 2004. *Caballos fósiles de América del Sur. Una historia de tres millones de años.* Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Argentina.

Arellano, A.R.V. y E. Azcón. 1949. Pre-*Equus* Horses from Goleta (Morelia) Michoacán, México. *Geological Society of America Bulletin* 60:1871.

Bell, C.J., Jr. Lundelius, E.L. Barnosky *et al.* 2004. The Blancan, Irvingtonian and Rancholabrean Mammal Ages. En: *Late Cretaceous and Cenozoic mammals of North America: Biostratigraphy and Geocronology.* M.O. Woodburne (ed.). Columbia University Press, Nueva York, pp. 232-314.

Carranza-Castañeda, O. 1991. Faunas de vertebrados fósiles del terciario tardío del centro de México. En: *Memorias del Congreso Nacional de Paleontología*, pp. 20-26.

Cope, E.D. 1892. A contribution to the vertebrate paleontology of Texas. *Proceedings of the American Philosophical Society* 30(137):123-131.

Froehlich, D.J. 2002. Quo vadis eohippus? The systematics and taxonomy of the early Eoceno equids (Perissodactyla). *Zoological Journal of the Linnean Society* 134:144-256.

Linnaeus, E.L. 1758. Systema naturae per regna ria naturae, secundum classes, ordinis, genera, species cum character: bus, differentiis, synonymis, locis. Editio decimal, reform ata. Stockholm. *Laurentii Sakvuu* 1:1-824.

MacFadden, B.J. 1984. Systematics and Phylogeny of Hipparion, Neohipparion, Nannippus, and Cormohipparion (Mammalia, Equidae) from the Miocene and Pliocene of the New World. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 179:195.

——. 1992. *Fossil horses: systematics, paleobiology, and evolution of the family Equidae.* Cambridge University Press, Nueva York.

—— . 2005. Fossil horses-evidence for evolution. *Science* 307:1728-1730.

MacFadden, B.J., N. Solounias y T.H. Cerling. 1999. Ancient diets, ecology, and extinction of 5-million-year-old horses from Florida. *Science* 283:824-827.

Marín-Leyva, A.H. 2011. *Caballos del pleistoceno y sus paleoambientes en dos cuencas de Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMNSH, Morelia.

Matthew, W.D. 1924. Third contribution to the Snake Creek Fauna. *Bulletin American Museum of Natural History* 50:59-210.

Pérez-Crespo, V.A., B. Sánchez-Chillón, J. Arroyo-Cabrales *et al.* 2009. La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del pleistoceno tardío de El Cedral. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26:347-355.

Secord, R., J.L. Bloch, S.G.B. Chester *et al.* 2012. Evolution of the earliest horses driven by climate in the Paleocene-Eocene thermal maximum. *Science* 335:959-961.

Simpson, G.G. 1951. *Horses. The story of the horse family in the modern world and through sixty million years of history.* Oxford University Press, Nueva York.

——. 1953. *The major features of evolution.* Columbia University Press, Nueva York.

Strömberg, C.A.E. 2006. Evolution of hypsodonty in equids: testing a hypothesis of adaptation. *Paleobiology* 32:236-258.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El *Mixotoxodon* michoacano

ALEJANDRO HIRAM MARÍN LEYVA, MAYTE GUTIÉRREZ BEDOLLA Y ROBERTO DÍAZ SIBAJA

"Toxodonte, uno de los animales más extraños jamás descubiertos..."

(DARWIN 1839:78)

EL ORIGEN

Los mixotoxodontes fueron mamíferos herbívoros provistos de pezuñas, parecidos a rinocerontes, que vivieron en el continente americano hace 10 mil años. En Norteamérica se conoce poco sobre ellos debido al escaso registro fósil, entre el que destacan los restos encontrados en Michoacán (Polaco *et al.* 2004).

Los mixotoxodontes pertenecen a la familia Toxodontidae, incluida en el orden Notoungulata. Representan un grupo de mamíferos extintos, la mayoría de ellos endémicos y autóctonos de Sudamérica (Cifelli 1993); este orden tuvo gran éxito evolutivo y una marcada radiación adaptativa (rápida especiación geológica de un solo ancestro que derivó en muchos taxones; Simpson 1953) desde los inicios del cenozoico (Marshall 1988). Los registros en Sudamérica abarcan desde el paleoceno inferior (tiupampense, 64.5-62.5 Ma) hasta el pleistoceno superior (lujanense 800 mil-10 mil años; Marshall 1985, Ribeiro 1994) y en Norteamérica pertenecen al pleistoceno tardío (rancholabreano 160-10 mil años).

La familia Toxodontidae incluye cerca de 40 géneros distribuidos en tres subfamilias (Nesodontinae, Toxodontinae y Haplodontheriinae) que han sido encontrados en sedimentos del oligoceno (33.9-23.03 Ma) al pleistoceno (Paula Couto 1979, Frailey 1986, McKenna y Bell 1997, Nasif *et al.* 2000, Mendonça 2012). Algunos de esos géneros están bien definidos por su morfología craniana y dentaria, así como por su distribución cronoestratigráfica (unidades de material definidas por la edad de las rocas; Nichols, 2009). Géneros como *Nesodon*, *Trigodon* y *Toxodon* poseen gran cantidad de fósiles descritos (Mendonça 2012).

Los últimos representantes de la familia Toxodontidae: *Toxodon* (Owen 1837), *Trigodonops* (Kraglievich 1930) y *Mixotoxodon* (Van Frank 1957), se caracterizan por presentar hipsodontia (dientes con coronas altas y raíces pequeñas) e hipselodontia (crecimiento continuo de los dientes), así como grandes colmillos incisivos que forman un mecanismo transversal lineal de masticación, una simplificación progresiva de la superficie oclusal (zona de masticación de los dientes) de los molares, y por tener tres dedos en las patas anteriores y posteriores, además de una gran talla corporal (Cope 1897, MacFadden 2005, Mendonça 2012).

DISTRIBUCIÓN Y HÁBITOS DE VIDA

Los restos fósiles de los notongulados en Centroamérica y Norteamérica son escasos, el único representante de ese orden es el *Mixotoxodon* que habitó en esas áreas durante el pleistoceno (Bond *et al.* 1997, Baffa *et al.* 2000, Polaco *et al.* 2004, Lundelius *et al.* 2013). En Norteamérica sólo se tiene registro de *Mixotoxodon* en tres localidades: una en Estados Unidos de América, en Texas (Lundelius *et al.* 2013), y dos en México: en Veracruz, en La Estribera, municipio de Pánuco y otra en Michoacán, en la localidad de Hihuitlán, municipio de Chinicuila (Polaco *et al.* 2004, Rodríguez-de la Rosa *et al.* 2011).

A los mixotoxodontes de Estados Unidos de América y de México se les asocia a una fauna con afinidades tropicales, especialmente con el perezoso gigante *Eremotherium laurillardi*, lo que sugiere una edad del pleistoceno tardío para esos descubrimientos y vegetación cerrada en la zona (Polaco *et al.* 2004, Rincón 2011, Lundelius *et al.* 2013).

El *Mixotoxodon* (figura 1), como su pariente cercano *Toxodon*, presentaba una masa corporal estimada de 1.2-1.6 t (Fariña *et al.* 1998) y se le consideraba como un herbívoro semiacuático de sabana, parecido a un hipopótamo. Sin embargo, estudios del sistema de locomoción de los toxodontes, realizados por Shockey (2001), indican que eran animales más adaptados a hábitos terrestres y que podían forrajear en pastizales de ambientes abiertos. Por otro lado, análisis de isótopos estables de carbono y oxígeno realizados en restos de *Mixotoxodon larensis* (Van Frank 1957) de Panamá y Honduras (MacFadden 2005), indican que esa especie pudo vivir en zonas boscosas o forestales, probablemente con sequía estacional, en ecosistemas dominados por árboles con una cubierta más o menos continua y pastos en menor proporción (Rincón 2011).

Marín-Leyva, A.H., M. Gutiérrez-Bedolla y R. Díaz-Sibaja. 2019. El *Mixotoxodon* michoacano. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 35-37.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Reconstrucción de *Mixotoxodon larensis*. Fuente: elaborada por Laboratorio de Paleontología UMSNH.

EL EJEMPLAR DE MICHOACÁN

El espécimen michoacano presenta una rama mandibular derecha que es de especial importancia en cuestiones taxonómicas, debido a que esa característica lo podría referir a *Mixotoxodon larensis* (figura 1). No obstante, Polaco *et al.* (2004) mencionan que dicho ejemplar tiene diferencias morfológicas en el molar inferior tercero, estructura que se ha usado para identificar géneros y especies, lo cual sugiere que podría tratarse de otra especie. Por ello, es necesario el estudio de mayor cantidad de material para establecer la identidad específica de los restos. Además, la ubicación de esos restos, en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, a menos de 50 km de la línea costera, sitúan al *Mixotoxodon* de Michoacán como el único registrado en la costa oeste de Norteamérica (Polaco *et al.* 2004, Lundelius *et al.* 2013).

REFERENCIAS

Baffa, O., A. Brunetti, I. Karmann y C. Martins Dias Neto. 2000. ESR dating of a toxodon tooth from a brazilian karstic cave. *Applied Radiation and Isotopes* 52:1345-1349.

Bond, M., E. Cerdeño y G. López. 1997. Los ungulados nativos de América del Sur. En: *Evolución biológica y climática de la región pamapeana durante los últimos cinco millones de años*. M.T. Alberdi, G. Leone y E.P. Tonni (eds.). Monografías Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, pp. 257-275.

Cifelli, R.L. 1993. The phylogeny of the native South American ungulates. En: *Mammals phylogeny: Placentals*. F.S. Szalay, M.J. Novacek y M.C. McKenna (eds.). Springer, Nueva York, pp. 195-216.

Cope, E.D. 1897. Toxodontia. *American Naturalist* 31:485-492.

Darwin, C. 1839. *Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited by H.M.S. Beagle, under the command of Captain FitzRoy from 1832 to 1836*. Colburn, Londres.

Fariña, R.A., S.F. Viscaíno y M.S. Bargo. 1998. Body mass estimations in Lujanian (late Pleistocene-early Holocene of South America) mammal megafauna. *Mastozoología Neotropical 5*:87-108.

Frailey, C.D. 1986. Late Miocene and Holocene mammals, exclusive of the Notoungulata, of the Rio Acre Region, Wester Amazonia. *Contributions in Science* 374:1-46.

Kraglievich, L. 1930. Reivindicação de Carolibergia de Mercerat por Miranda Ribeiro. *Revista de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales* 35:227-228.

Lundelius Jr., E.L., M.V. Bryant, R. Mandel *et al.* 2013. The first occurrence of a *Toxodont* (Mammalia, Notoungulata) in the United States. *Journal of Vertebrate Paleontology* 33:229-232.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

MacFadden, B.J. 2005. Diet and habitat of toxodont megaherbivores (Mammalia, Notoungulata) from the late Quaternary of South and Central America. *Quaternary Research* 64:113-124.

Marshall, L.G. 1985. Geochronology and land-mammal biochronology of the transamerican faunal interchange. En: *The great American biotic interchange*. F.G. Stehli y S.O. Webb (eds.). Plenum Press, Nueva York, pp. 49-84.

——. 1988. Land mammals and the great American interchange. *American Scientist* 76:380-388.

McKenna, M.C. y S.K. Bell. 1997. *Classification of mammals above the species level*. Columbia University Press, Nueva York.

Mendonça, R. 2012. *Diversidade de toxodontes pleistocênicos (Notoungulata, Toxodontidae): uma nova visão*. Tese doutoral Universidade de São Paulo, Brasil.

Nasif, N.L., S. Musalem y E. Cerdeño. 2000. A new *Toxodon* from the Late Miocene of Catamarca, Argentina, and a phylogenetic analysis of the Toxodontidae. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:591-600.

Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell. Oxford, Reino Unido.

Owen, R. 1837. A description of the cranium of the *Toxodon platensis* a gigantic extinct mammiferous species referrible by its dentition to the Rodentia, but with affinities to the Pachydermata and the herbivorous Cetacea. *Proceedings of Geological Society of London* 2:541-542.

Paula Couto, C. 1979. *Tratado de paleomastozoología*. Academia Brasileira de Ciência, Río de Janeiro.

Polaco, O.J., A.F. Guzmán y G. Tapia-Ramírez. 2004. Occurrence of Toxodonts in the Pleistocene of México. *Current Research in the Pleistocene* 21:113-115.

Ribeiro, A.M. 1994. *Leontinideos e notohipideos (Toxodontia, Notungulata) da Formação Tremembá, Bacia de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. Porto Alegre*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Rincón, A.D. 2011. New remains of *Mixotodon larensis* Van Frank 1957 (Mammalia: Notoungulata) from Mene de Inciarte Tar Pit, North-Western Venezuela. *Interciencia* 36:894-898.

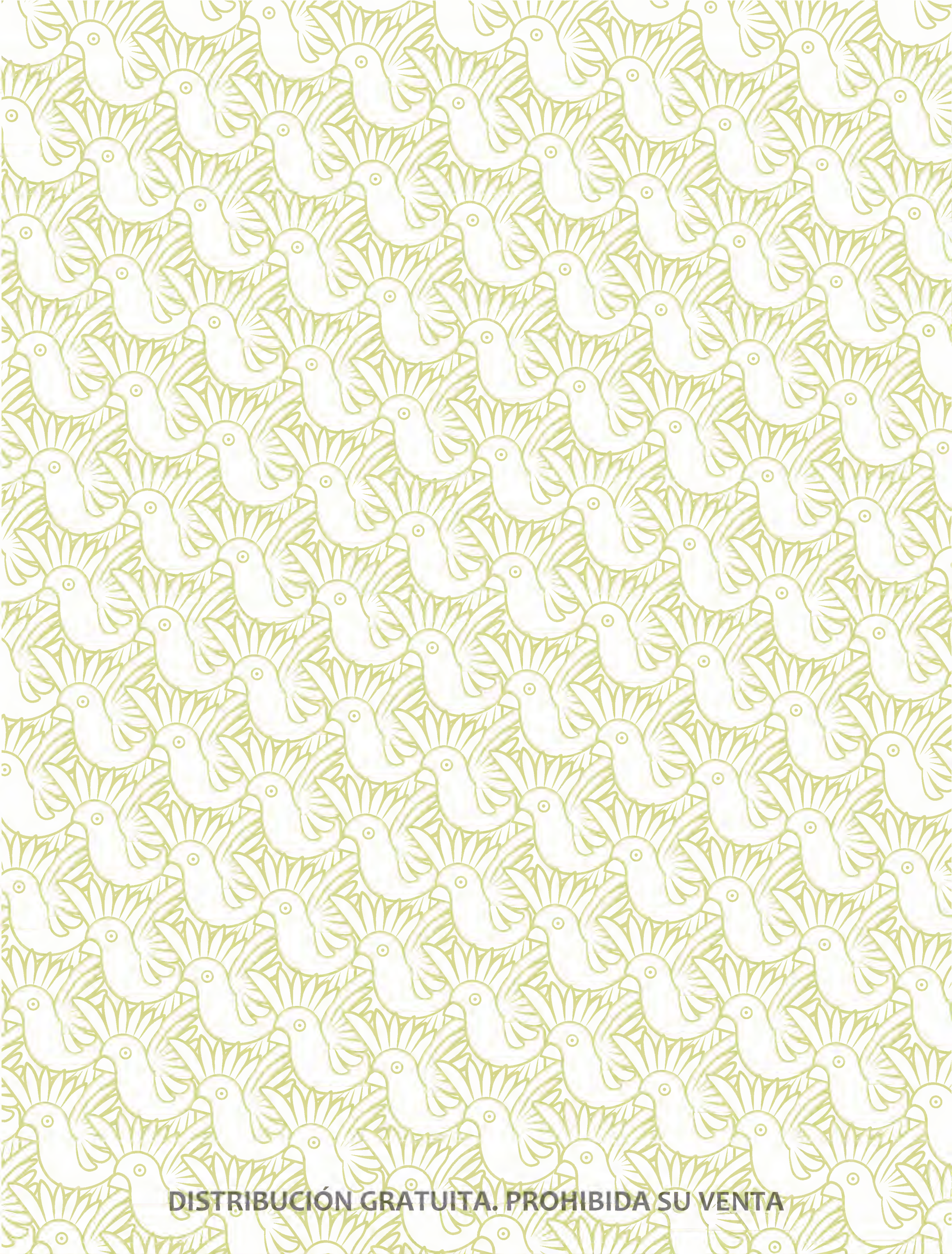
Rodríguez-de la Rosa, R.A., J.R. Guzmán-Gutiérrez y C. Ortega-Hurtado de Mendoza. 2011. A new occurrence of toxodonts in the Pleistocene of México. *Current Research in the Pleistocene* 28:29-30.

Shockey, B.J. 2001. Specialized knee joints in some extinct, endemic, South American herbivores. *Acta Paleontologica Polonica* 46:277-288.

Simpson, G.G. 1953. *The major features of evolution*. Columbia University Press, Nueva York.

Van Frank, R. 1957. A fossil collection from northern Venezuela 1. Toxodontidae (Mammalia: Notoungulata). *American Museum Novitates* 18:1-38.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Enterobacterias de los cuerpos de agua michoacanos

MIGUEL MARTÍNEZ TRUJILLO, YAZMÍN CARREÓN ABUD
Y MARÍA DE LOS ÁNGELES BELTRÁN NAMBO

DESCRIPCIÓN

Las bacterias son un grupo de organismos microscópicos relativamente simples que se distinguen por ser unicelulares y carecer de núcleo verdadero, razón por la cual se denominan procariotas. La mayoría de las bacterias conocidas presentan forma esférica (cocos) o cilíndrica (bacilos) y pueden existir como células individuales, pero se asocian también en agrupaciones características que son útiles para identificarlas (Prescott *et al.* 2008; figura 1).

La familia Enterobacteriaceae constituye un grupo grande y heterogéneo de bacterias Gram negativas, llamadas así por la reacción negativa que presentan a la tinción de Gram con cristal violeta, debido a las características de su pared celular que hace que se tiñan de color rosa (figura 1a).

Se les denomina bacterias entéricas por su localización habitual como saprófitos (es decir, organismos que obtienen su energía de materia orgánica en descomposición) en el tubo digestivo de mamíferos, incluido el ser humano, aunque se trata de gérmenes ubicuos que se encuentran de forma general en el suelo, el agua y la vegetación. La enterobacteria *Escherichia coli* es el microorganismo más prevalente de esta familia (Puerta-García y Mateos-Rodríguez 2010).

Son anaerobias facultativas, lo que les confiere la capacidad de vivir y realizar sus funciones tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, no forman esporas como la mayoría de las demás bacterias, fermentan la glucosa, reducen nitratos a nitritos y las especies móviles se desplazan mediante flagelos de distribución peritrica (alrededor de su superficie).

Existen dos grupos de enterobacterias, de acuerdo con los productos de fermentación de sus azúcares. Géneros como *Escherichia, Proteus, Salmonella* y *Shigella*, llevan a cabo una fermentación mixta que produce ácidos y genera gas CO_2:H_2, en una proporción 1:1. Se denomina mixta porque mediante ella se forman los ácidos acético, láctico, succínico y fórmico, dependiendo de la especie y de las condiciones de cultivo, y dan positivo en la prueba rojo de metilo (Prescott *et al.* 2008). En contraste, los géneros *Enterobacter, Serratia, Erwinia* y *Klebsiella* realizan una fermentación butanodiólica y producen como subproductos butanodiol, etanol, lactato, succinato, acetato y gas CO_2:H_2, en proporciones 5:1; aunque las cantidades de ácido producidas son insuficientes para dar positivo en la prueba rojo de metilo, dan positivo en la de Voges Proskauer (Merino y Losch 2010).

Martínez-Trujillo, M., Y. Carreón-Abud y M.A. Beltrán-Nambo. 2019. Enterobacterias de los cuerpos de agua michoacanos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 39-45.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

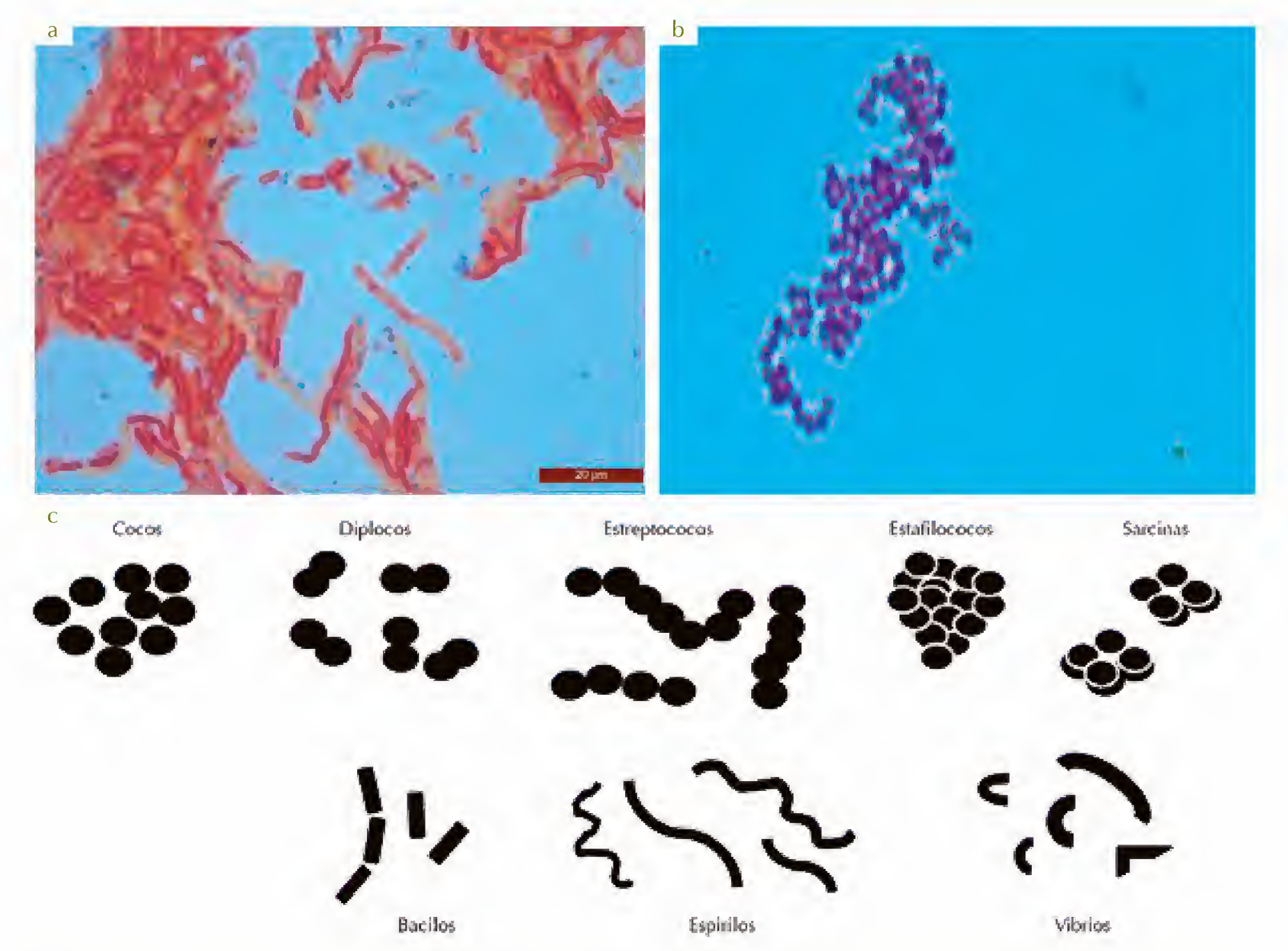


FIGURA 1. Formas y agrupaciones bacterianas: a) *Klebsiella pneumoniae* (bacilos Gram negativos), b) *Staphylococcus aureus* (cocos Gram positivos), c) diferentes formas y agrupaciones bacterianas.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

Las bacterias son los organismos más numerosos que existen en el planeta y han colonizado con éxito cada nicho ecológico posible. Se encuentran prácticamente en todas las regiones del planeta, desde los polos, en ambientes debajo del punto de congelación y muy secos, hasta los trópicos con temperaturas altas y con elevada precipitación pluvial.

En el mundo la familia Enterobacteriaceae contiene 44 géneros, algunos de los cuales son patógenos de animales y humanos, razón por la cual son importantes desde el punto de vista clínico (Prescott *et al.* 2008; cuadro 1). Destacan patógenos muy importantes como: *E. coli*, *Shigella dysenteriae*, *Salmonella tiphy*, *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca* y *K. rinoescleronatis* los cuales pueden causar, entre otros padecimientos, infecciones intestinales y diarreas severas, muy comunes en nuestro país y en el estado (Arriaga-Alba *et al.* 1996).

Aunque el nombre de la familia sugiere que son bacterias asociadas de manera exclusiva con animales, incluyen también varios patógenos de plantas, como algunas especies del género *Erwinia,* que causan pudrición de cultivos importantes en el país y en el estado, como maíz (*Zea mays*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), papa (*Solanum tuberosum*), mango (*Mangifera indica*) y plátano (*Musa* sp.; Leclerc *et al.* 2001).

Sin embargo, aún no se tienen registros precisos del número de especies de enterobacterias en el país, entre otros factores debido a que, para este grupo de organismos son pocos los estudios que se han realizado en cuerpos de agua y plantas de interés agrícola y los reportes clínicos no siempre son accesibles. Algunos estudios en los cuerpos de agua analizados en México muestran que los principales géneros son: *Enterobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Proteus* y *Yersinia* (Rivera-Tapia y Cedillo-Ramírez 2005, Gutiérrez-Villa 2006, Hurtado 2006, Vargas-Juárez 2011, Barrera-Escorcia *et al.* 2013).

Para conocer la diversidad de enterobacterias en Michoacán se realizaron colectas en los cuerpos de agua de dos localidades ubicadas en la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal, en las regiones hidrográficas norte y centro del estado: 1) el río Lerma

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Algunos géneros de enterobacterias importantes a nivel mundial y nacional, desde el punto de vista clínico.

Géneros	Especies	Enfermedades
Escherichia	*coli, alberti, alvei*	Infecciones urinarias, peritonitis, abscesos, meningitis, endocarditis, neumonías nosocomiales
Klebsiella	*pneumoniae, oxytoca, granulomatis*	Infecciones urinarias, respiratorias y sepsis
Salmonella	*typhi*	Infecciones intestinales conocidas como salmonelosis
Enterobacter	*aerogenes, cloacae, aglomerans, gergoviae, sakazakii*	Infecciones urinarias e intestinales
Serratia	*marcenscens*	Conjuntivitis y meningitis
Citrobacter	*freundii, amalonaticus, diversus*	Meningitis y abscesos cerebrales
Yersinia	*pestis, enterocolitica, pseudotuberculosis*	Peste pneumónica, bubónica y septisémica
Proteus	*mirabilis, vulgaris*	Infecciones urinarias y abscesos hepáticos
Providencia	*rettgeri, stuartii*	Infecciones urinarias y de heridas
Morganella	*morganii*	Infecciones nosocomiales y urinarias
Shigella	*dysenterii, flexneri, sonnei, boydei*	Diarreas
Plesiomonas	*shigelloides*	
Edwarsiella	*tarda*	Septitis y fiebre
Ewingella	*americana*	Infecciones repiratorias e intestinales

Fuente: Puerta-García y Mateos-Rodríguez 2010.

en el meandro del municipio de La Piedad (20º 21′ N y 102º 02′ O, a una altitud de 1 680 msnm), en el 2010 y 2) en los canales de riego de Uruétaro, municipio de Tarímbaro (19° 35′ 20″ N y 101° 45′ 25″ O, a una altitud de 1 830 msnm), en el 2007 (figura 2).

En la entidad se determinaron 12 géneros pertenecientes a seis familias y 20 especies (18 identificadas; apéndice 11). *Serratia, Pseudomonas* y *Klebsiella* son los que tuvieron mayor riqueza de especies (cuadro 2).

En trabajos realizados recientemente, además de los aquí reportados, en la entidad se encontraron enterobacterias de los géneros *Citrobacter* y *Salmonella,* en los lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, así como *Proteus, Providencia* y *Yersinia,* en cuerpos de agua del Estado de México e Hidalgo; mientras que en el río Alseseca, en el estado de Puebla, se reportaron cuatro de los géneros identificados en el presente trabajo (Rivera-Tapia y Cedillo-Ramírez 2005).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

La presencia y actividad de las bacterias es esencial para la salud y adecuado funcionamiento de todos los ecosistemas, por lo que el conocimiento de su diversidad es de suma importancia, tanto para evitar problemas de salud en la población como por ser una herramienta potencial para el adecuado manejo y conservación de los recursos forestales, acuáticos y de las diversas poblaciones de organismos asociados a ellas (Hurtado 2006).

El que determinados grupos bacterianos puedan actuar como indicadores se debe al bajo grado de tolerancia que presentan ante pequeñas alteraciones del ambiente. La importancia en torno a su identificación es notable, ya que su presencia define cualitativamente el medio en el que viven. Así, en aguas muy contaminadas debido a las descargas de tipo doméstico, el grupo de las enterobacterias es el que domina esos cuerpos de agua.

Los miembros de la familia Enterobacteriaceae son tan comunes e importantes que probablemente sean los más estudiados en la mayoría de los laboratorios. Sin duda alguna, *Escherichia coli*, una especie reportada para la entidad, es el microorganismo de experimentación preferido por los investigadores para realizar pruebas moleculares, debido a sus cortos tiempos de duplicación poblacional; además, es un importante residente del colon de los seres humanos y de otros

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

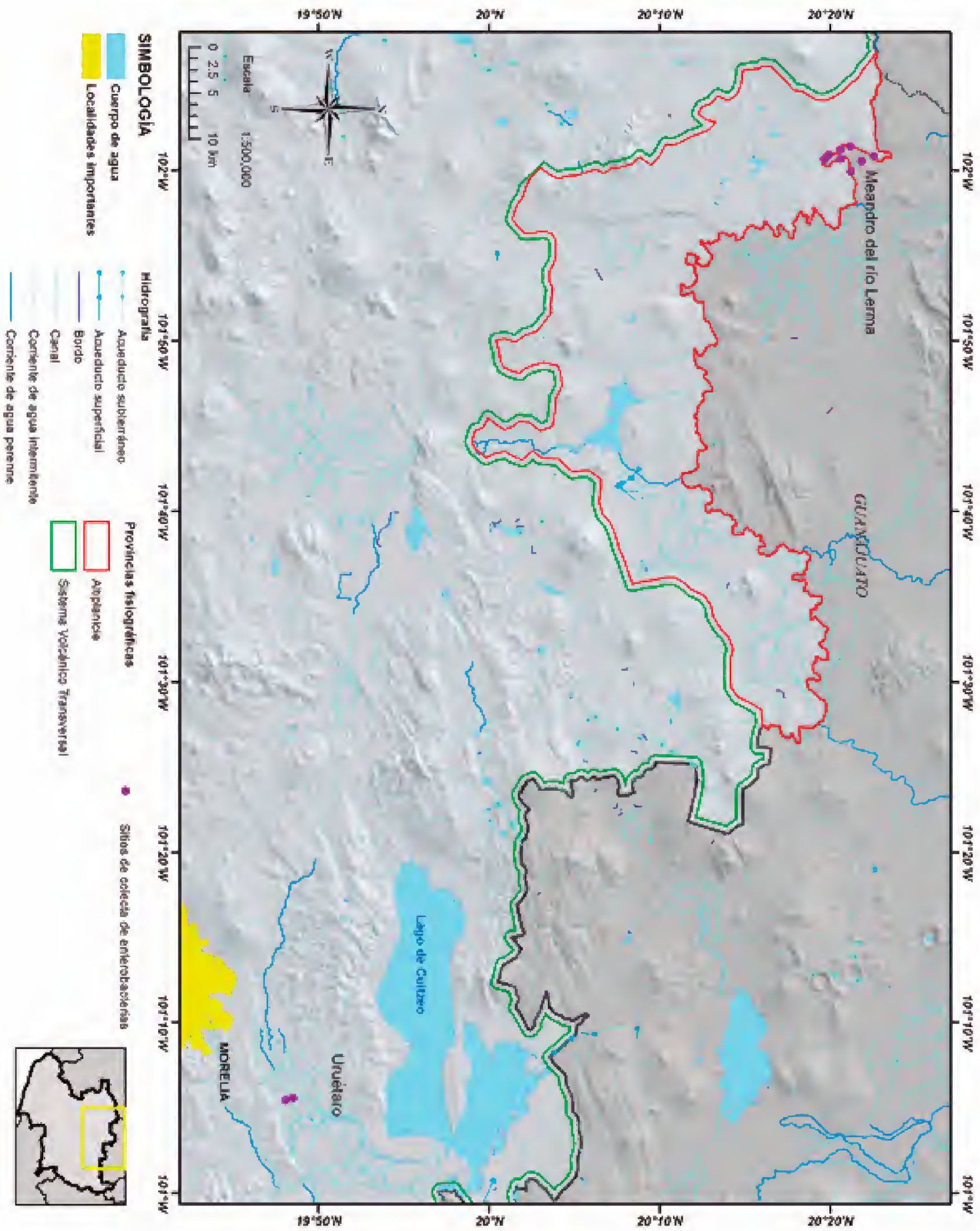


FIGURA 2. Ubicación de los sitios de colecta. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Especies de enterobacterias asociadas a cuerpos de agua.

Especie	Localidad
Aeromonas hydrophila	1
Burkholderia cepacia	1, 2
Chromobacterium violaceum	2
Enterobacter aerogenes	1
E. cloacae	2
Escherichia coli	1, 2
Ewingella americana	1
Klebsiella oxytoca	2
K. pneumoniae	1
K. terrigena	2
Pseudomonas fluorescens	2
P. luteola	1, 2
P. oryzihabitans	1
Pantoea sp.	1
Serratia liquefaciens	1
S. marcescens	1
S. plymuthica	1
S. rubidaea	1
Shigella sp.	2
Stenotrophomonas maltophilia	1

1. Río Lerma, La Piedad, Michoacán; 2. canales de Uruétaro, Michoacán.
Fuente: Armenta 2007, Vargas 2010.

mamíferos, por lo que resulta bastante útil para determinar si existe contaminación fecal en lagos, ríos u otros cuerpos de agua, lo que permite implementar medidas para la conservación de esos ecosistemas (Prescott *et al.* 2008).

En los ecosistemas la función principal de las enterobacterias es transformar sustancias orgánicas a inorgánicas y viceversa, por lo que géneros como *Escherichia, Shigella, Klebsiella, Enterobacter* y *Pseudomonas* son utilizados en diferentes técnicas de depuración natural de aguas residuales, ya que intervienen en los procesos de fermentación para degradar la materia orgánica. Desde el punto de vista económico este grupo de bacterias es importante por los procesos de fermentación que realizan y que las lleva a ser utilizadas en la producción de diferentes ácidos y alcoholes.

Además, las bacterias producen compuestos químicos de naturaleza proteica, las llamadas enzimas, cuya misión es atacar o digerir tipos específicos de alimentos; por ejemplo, algunas enzimas se emplean en la digestión de grasas, otras en la de proteínas o carbohidratos, etc. Las bacterias producen esas enzimas y absorben los nutrientes de la disolución en la que viven; si el medio contiene un suministro adecuado de esos elementos, y las condiciones ambientales son favorables, las poblaciones bacterianas pueden duplicarse en cuestión de minutos. Por tanto, gran parte de la materia orgánica originalmente presente en el agua residual puede convertirse muy rápido en materia celular viva (Álvarez 2002). Algunas especies como *Serratia liquefaciens*, *S. plymuthica* y *S. rubidaea*, también reportadas en el estado, pueden tener propiedades antifúngicas en la rizósfera de las plantas y además secretar hormonas como el ácido indolacético, que promueve el crecimiento de las raíces (Kalbe *et al.* 1996).

Desde el punto de vista médico las especies que provocan infecciones gastrointestinales y pulmonares, pueden ser de importancia si no se les atiende de manera oportuna y además son transmitidas fácilmente por agua y alimentos contaminados. En los últimos años la proporción de bacterias resistentes a múltiples antibióticos ha aumentado de forma ininterrumpida, lo que desde el punto de vista económico ha tenido repercusiones importantes en el país (Puerta-García y Mateos-Rodríguez 2010).

AMENAZAS Y ACCIONES PARA SU CONSERVACIÓN

La mezcla y el flujo de nutrientes, el oxígeno y los productos residuales que se producen en los cuerpos de agua dulce son los principales factores que controlan las comunidades microbianas.

La disponibilidad de nutrientes en esos ambientes varía dependiendo de las características de los cuerpos de agua, de manera que los cambios en los niveles de los mismos influirán en la proporción de microorganismos presentes. Cuando se añaden nutrientes en el agua (eutrofización), el crecimiento de bacterias aumenta y, si se incorpora demasiada materia orgánica el agua puede perder oxígeno y volverse anaeróbica. Así, en ambientes contaminados y plantas de tratamiento de residuos las poblaciones bacterianas se ven alteradas, modificándose la dinámica de las poblaciones originales y favoreciendo el desarrollo de otras, que en muchas ocasiones son patógenos de humanos (géneros como *Salmonella, Klebsiella, Shigella* y *Escherichia* (Prescott *et al.* 2008).

La entidad cuenta con importantes recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que en buena medida son factor determinante para el desarrollo socioeconómico; sin embargo, los principales cuerpos de agua del estado presentan signos de contaminación con una tendencia al agotamiento, debido a procesos de eutrofización. Parte de ese problema se debe a la falta de tratamiento de aguas residuales, lo que se empalma con la deficiente

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

administración del agua entubada para el consumo humano (CDSMA 2013).

En ese contexto, la principal acción que se debe realizar es promover el tratamiento de las aguas residuales antes de descargarlas a los cuerpos de agua naturales (Gobierno del Estado 2013).

Existen diversas técnicas tradicionales de recuperación de acuíferos contaminados, entre las que se encuentra: bombeo del agua contaminada y posterior tratamiento en superficie mediante el uso de microorganismos como las bacterias, que degradan sustancias químicas dañinas; inyección de soluciones acuosas con reactivos oxidantes como el permanganato de potasio u oxígeno; inyección de aire para eliminar sustancias volátiles, como el dióxido de carbono y el amoniaco; uso de especies vegetales como el junco (*Juncus arcticus*) y la lentejilla acuática (*Lemna* sp.), que utilizan contaminantes como nutrientes y aceleran el metabolismo de microorganismos (*Pseudomonas* y *Enterobacter*) apoyando en la transformación y degradación de contaminantes. Ese último método se denomina biorrecuperación (Hazen 1997) y consiste en el uso de las denominadas lagunas facultativas, que son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, situadas en superficie y fondo, respectivamente; el objetivo de esas lagunas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica y una reducción en el contenido de nutrientes y bacterias coliformes (Dinges 1982).

VACÍOS DE INFORMACIÓN

El reconocimiento y cuantificación de las poblaciones bacterianas se ha enfocado sobre todo a grupos indicadores de contaminantes de origen fecal, para tomar las medidas necesarias para la prevención de infecciones en humanos; sin embargo, la información que se tiene sobre los ecosistemas en los que se desarrollan estos microorganismos aún es muy escasa, debido principalmente al alto costo de las técnicas necesarias para su identificación.

En Michoacán se presenta una red fluvial dividida en tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica (norte, centro y sur), además del sistema fluvial costero (INAFED 2010). Durante la década de los noventa se realizaron análisis de calidad del agua en diferentes lugares de la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal y de los sistemas norte y centro del estado (regiones II, III, VI y VII; INAFED 2010): distrito 020 del valle de Queréndaro-Morelia, la subcuenca este del lago de Cuitzeo, las lagunas aireadas para tratamiento de aguas residuales en Uruapan, el lago de Zirahuén, la presa Mintzita y río Grande de Morelia, la laguna de Naranja de Tapia y la laguna de Zacapu, la presa Sabaneta y el lago de Pátzcuaro (Ramírez 1990, Beltrán 1993, Valadés 1993, Martínez 1994, Santos 1995, Ferreira 1995, Cortés 1996).

Aunque en esos años algunos de estos cuerpos de agua no presentaron evidencias de contaminación o bien esos valores eran muy bajos, recientemente algunos análisis realizados en las aguas de riego de la región de Uruétaro, la laguna de Umécuaro y el río Lerma, en la región de La Piedad (regiones II y III, pertenecientes a la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal) mostraron un aumento en la contaminación de origen fecal (Armenta-Medina 2007, Vargas-Juárez 2011).

El crecimiento de la población y, por consiguiente, el aumento de descargas de aguas residuales en estos sistemas acuíferos hace necesario realizar estudios para actualizar la información en la entidad y conocer el estado actual de esos ecosistemas e implementar programas específicos de saneamiento. Además, aún falta analizar las aguas que componen al sistema hídrico del sur.

CONCLUSIONES

Los estudios bacteriológicos en los ecosistemas naturales son necesarios para entender la dinámica de esos organismos en el agua y en el suelo, y a partir de ellos planear acciones útiles para la conservación de los ecosistemas y de los organismos que en ellos habitan. Así, en los sitios de la entidad donde existe una alteración y crecimiento de bacterias patógenas es necesario aplicar medidas de prevención y educación de la población.

Las técnicas de biorrecuperación de acuíferos son una alternativa a las clásicas técnicas de recuperación de acuíferos contaminados por residuos orgánicos, coliformes y metales pesados, dada la capacidad de numerosos microorganismos de transformar sustancias inorgánicas y orgánicas (Arauzo *et al.* 2005). La aplicación de técnicas *in situ* para metales pesados está poco desarrollada y es necesario profundizar en el conocimiento del comportamiento de los diversos tipos de metales en el subsuelo, en la dinámica de los sistemas y en las reacciones metabólicas que rigen los procesos de biotransformación (Álvarez 2002, López *et al.* 2002). Sin duda, la aplicación de microorganismos especializados, inocuos para el sistema, abre un nuevo horizonte de investigación en el campo de la ingeniería genética.

REFERENCIAS

Álvarez, F. 2002. Filtros verdes. Un sistema de depuración ecológico. *Ingeniería hidráulica y ambiental* 23(1):25-28.

Antaramián, H.E. y G. Correa. 2003. Fisiografía. En: *Atlas Geográfico de Michoacán*. SEP Michoacán/UMSNH/EDDISA, México.

Arauzo, M., M. Valladolid, O. Cedenilla y C. Noreña. 2005. Eficiencia del lagunaje profundo como tratamiento para la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

eliminación de metales pesados en aguas residuales de tipo urbano-industrial. *Limnetica* 24:47-60.

Armenta-Medina, E. 2007. *Análisis del agua de riego de los cultivos de la población de Uruétaro, Michoacán, mediante bacterias indicadoras de contaminación*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Arriaga-Alba, M., R. Espinosa-Romero y M. González-Patiño. 1996. Alteraciones bacterianas orofaríngeas en habitantes de zonas con diferente índice de contaminación ambiental. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 12(2):89-94.

Barrera-Escorcia, G., C. Fernández-Rendón, I. Wong-Chang y P. Ramírez-Romero. 2013. La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológicas* 23(1):87-96.

Beltrán, M. 1993. *Estudio de la contaminación fecal de la subcuenca este del lago de Cuitzeo utilizando como indicadoras a las bacterias coliformes*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

CDSMA. Comisión de Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente. 2013. Tercer Foro Regional del Agua. *La Jornada Michoacán*. En: *<http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2013/07/26/es-apremiante-salvar-cuerpos-de-agua-en-el-estado-reginaldo-sandoval/>*, última consulta: 1 de noviembre de 2013.

Cortés, R. 1996. *Evaluación de la contaminación de origen fecal en la laguna de Zacapu, Michoacán utilizando como indicadores a las bacterias coliformes*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Dinges, R. 1982. *Natural systems for water pollution control*. Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York.

Euzéby, J.P. 1997. List of bacterial names with standing in nomenclature. En: *<http://www.bacterio.net>*, última consulta: 18 de abril de 2013.

Ferreira, F. 1995. *Estudio de la calidad del agua en base a bacterias coliformes en la presa La Mintzita y el río Grande de Morelia*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Gobierno del Estado. 2013. *Calidad del agua*. En: *<http://michoacan.gob.mx/calidad>*, última consulta: 10 de noviembre de 2013.

Gutiérrez-Villa, J.A. 2006. *Análisis bacteriológico de los canales de la isla de Urandén, en el lago de Pátzcuaro Michoacán, tomando como indicador bacterias coliformes y no coliformes de la familia Enterobacteriaceae*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hazen, T. 1997. Bioremediation. En: *Microbiology of the terrestrial Subsurface*. P. Amy y D. Haldeman (eds.). CRC Press, Boca Raton, pp. 247-266.

Hurtado, M. 2006. Diversidad bacteriana. En: *La diversidad biológica del Estado de México. Parte II: Diversidad de especies*. G. Ceballos y R. List (coords.). Gobierno del Estado de México/CONABIO, pp. 77-82.

INAFED. Instituto para el Federalismo y Desarrollo Municipal. 2010. *Enciclopedia de los municipios y estados de México. Michoacán de Ocampo*. Secretaría de Gobernación (SEGOB). En: *<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html>*, última consulta: 19 de nov de 2013.

Kalbe, C., P. Marten y G. Berg. 1996. Strains of the genus *Serratia* as beneficial rhizobacteria of oilseed rape with antifungal properties. *Microbiological Research* 151(4):433-439.

Leclerc, H., D.A. Mossel, S.C. Edberg y C.B. Struijk. 2001. Advances in the bacteriology of the coliform group: Their Suitability as Markers of Microbial Water Safety. *Annual Review of Microbiology* 55:201-234.

López, J., O. García, J. Gima *et al.* 2002. Técnicas de biorrecuperación *in situ* en acuíferos contaminados por metales pesados. Instituto Geológico y Minero de España. *Ciencia y biología*. En: *<http://aguas.igme.es/igme/publica/pdflib15/021>*, última consulta: 10 de noviembre de 2013.

Martínez, L. 1994. *Evaluación físico-química y bacteriológica (del grupo coliformes) del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas aireadas de INPAMEX, Uruapan, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Merino, A. y L. Losch. 2010. *Familia Enterobacteriaceae. Microbiología e Inmunología*. Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. En: *<http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catmicromed/APUNTE%20Enterobacterias.pdf>*, última consulta: 4 de marzo de 2017.

Prescott, H., M. Harley y K. Klein. 2008. *Microbiología*. Mc-Graw-Hill, Madrid.

Puerta-García, A. y F. Mateos-Rodríguez. 2010. Enterobacterias. *Medicine* 10(51):3426-3431.

Ramírez, H. 1990. *La presencia de Salmonella* sp. *en los peces y en agua del lago de Pátzcuaro Mich*. Tesis técnica. Colegio de Educación Profesional Técnica, Pátzcuaro.

Rivera-Tapia, J. y L. Cedillo-Ramírez. 2005. Evaluación de la resistencia a antibióticos en enterobacterias aisladas de aguas contaminadas. *Revista Biomédica* 16:151-152.

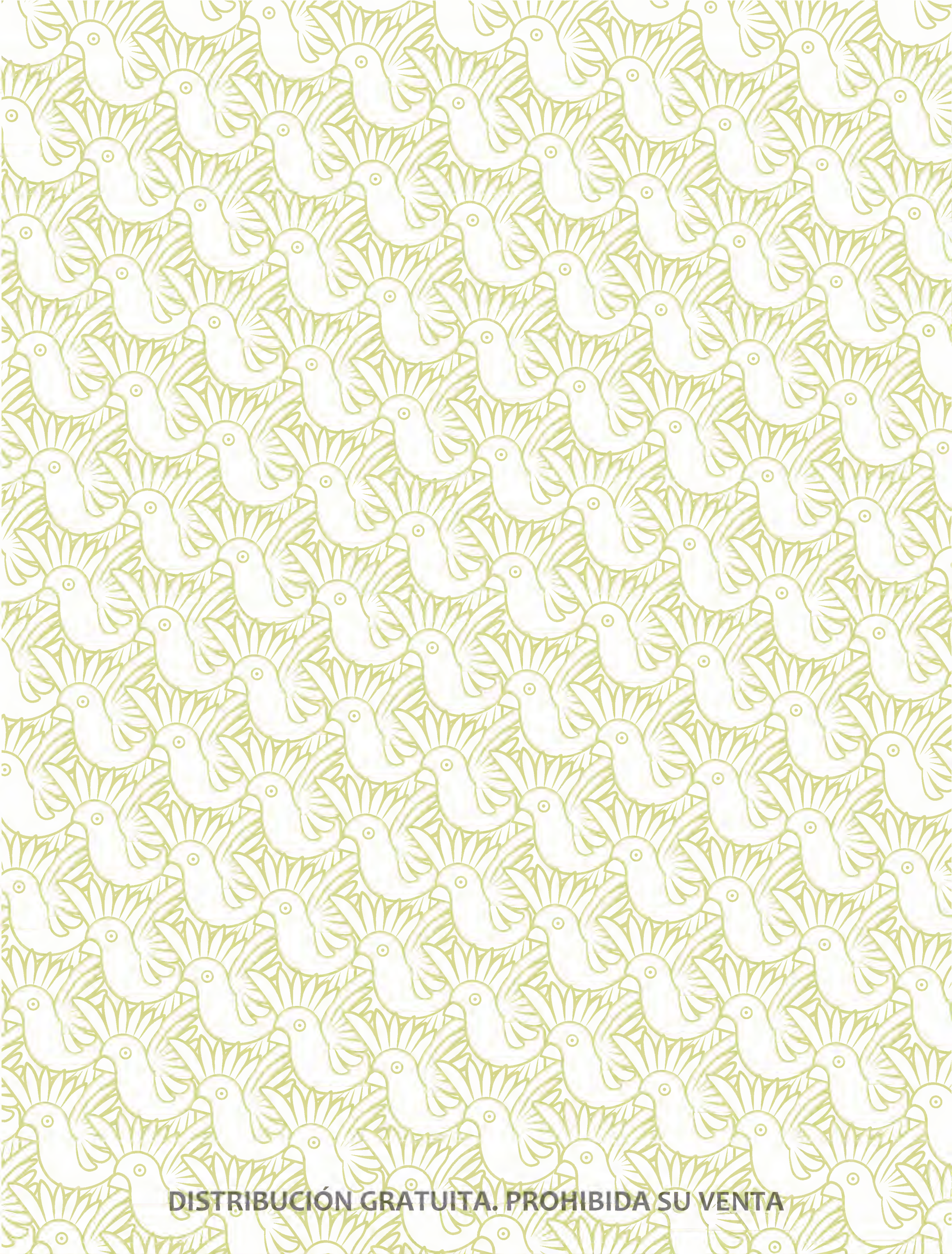
Santos, A. 1995. *Estudio de la contaminación por material fecal utilizando como indicadoras a las bacterias coliformes en el lago de Zirahuén, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Skerman, V.B.D., V. McGowan y P.H.A. Sneath (eds.). 1989. *Approved Lists of Bacterial Names (Amended)*. ASM Press. En: *<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK836/>*, última consulta: 10 de noviembre de 2013.

Valadés, B. 1993. *Estudio de la calidad del agua residual del distrito 020 en el valle Morelia-Queréndaro para uso de riego*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Vargas-Juárez, C. 2011. *Enterobacterias del agua del meandro del río Lerma en La Piedad Michoacán y Santa Ana Pacueco, Guanajuato*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares

YAZMÍN CARREÓN ABUD, MAYRA ELENA GAVITO PARDO, MARÍA DE LOS ÁNGELES BELTRÁN NAMBO Y MIGUEL MARTÍNEZ TRUJILLO

DESCRIPCIÓN

El término micorriza fue establecido en 1885 por Albert Bernard Frank y está constituido por dos raíces griegas: *mikes* (hongo) y *rhiza* (raíz; Sieverding 1991). Esta palabra alude a la asociación mutualista entre hongos de distintos grupos taxonómicos y las raíces de entre 90 y 95% de las plantas estudiadas del mundo (Krishna 2005).

La micorriza arbuscular (MA) constituye una estructura fisiológicamente funcional que se origina por la asociación de las raíces de las plantas con el grupo fúngico de los Glomeromycetes, y conforman los llamados hongos micorrízicos arbusculares (HMA).

Esos microorganismos dependen de dicha asociación para obtener su alimento (compuestos de carbono), por lo que se les conoce como biotrófos obligados, ya que, a diferencia de otros grupos de hongos, no son capaces de obtener alimento por medio de compuestos extracelulares como las enzimas (Smith y Read 2008).

Los HMA pueden ser benéficos en el crecimiento de las plantas, y además son importantes en la formación y estabilidad de agregados del suelo ante agentes de erosión, apoyan asimismo en la diminución del estrés de las plantas causado por factores bióticos y abióticos (Smith y Read 2008).

Las MA se desarrollan tanto dentro de las raíces de las plantas (figura 1) como en el suelo. En la zona interna de la raíz se forman unas estructuras intracelulares llamadas arbúsculos, en las cuales se produce el intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo (figura 1; Smith y Read 2008).

Una vez realizado el contacto hongo-raíz, el primero coloniza la corteza de la raíz (tejido interno), llegando incluso a ser parte de dicha estructura, y se desarrolla un extenso micelio externo conformado por una red de hifas (hifa: unidad básica vegetativa) que actúa como un sistema radical complementario y muy efectivo que ayuda a la planta a adquirir del suelo nutrientes minerales y agua, lo que ocurre al interactuar en los ciclos biogeoquímicos de los elementos (Hause *et al.* 2007, Lerat *et al.* 2003).

Sobre ese micelio externo se forman grandes esporas que van madurando; determinadas especies también forman esporocarpos (estructura que guarda las esporas). Las esporas producidas por el hongo son asexuales y se forman a partir de la diferenciación de hifas vegetativas (Sylvia 1999) y se pueden diferenciar, tanto en el suelo como en las raíces en algunos géneros (INVAM 2011). Las esporas son una herramienta importante para la clasificación taxonómica de este grupo de organismos, ya que permiten observar diferencias entre géneros y especies (figura 2).

Carreón-Abud, Y., M.E. Gavito, M.A. Beltrán-Nambo y M. Martínez-Trujillo. 2019. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 47-52.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

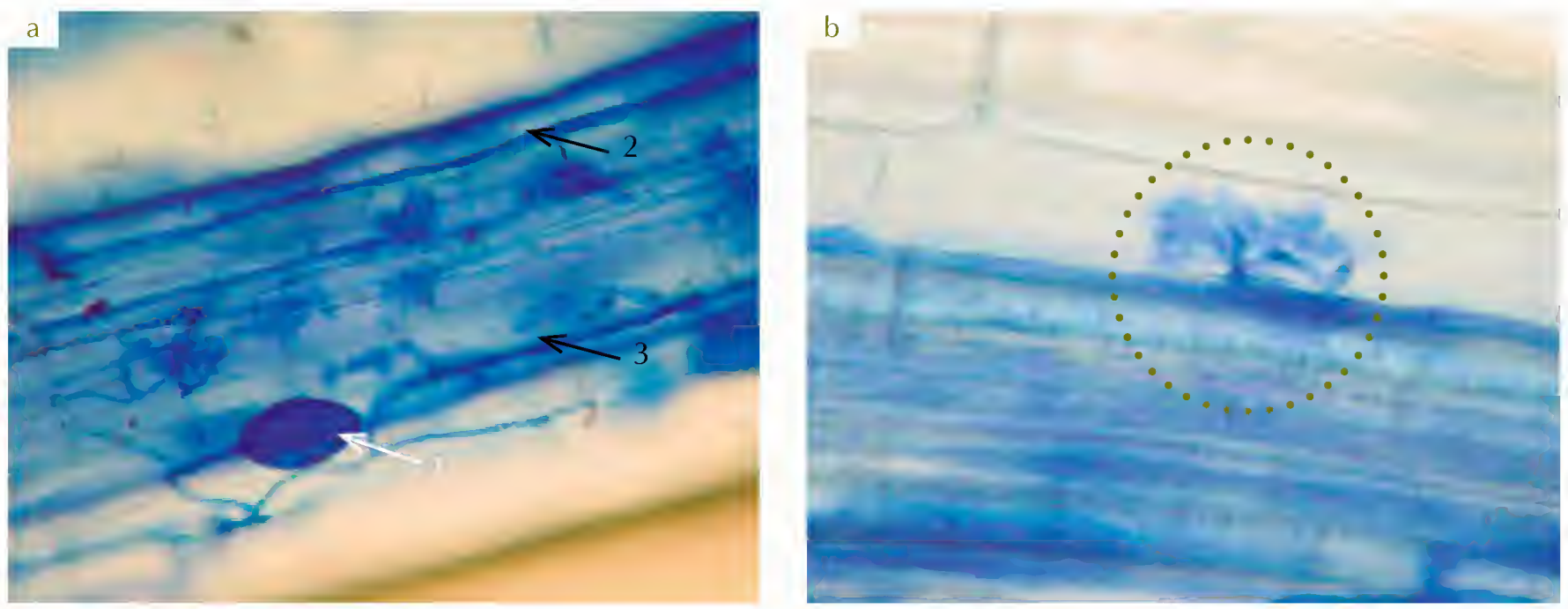


FIGURA 1. Raíces de plantas de maíz micorrizadas: a) vesículas (1), arbúsculos (2) e hifas intrarradicales (3), b) acercamiento de arbúsculo. Fotos: Laboratorio de Génetica y Microbiología, UMSNH.

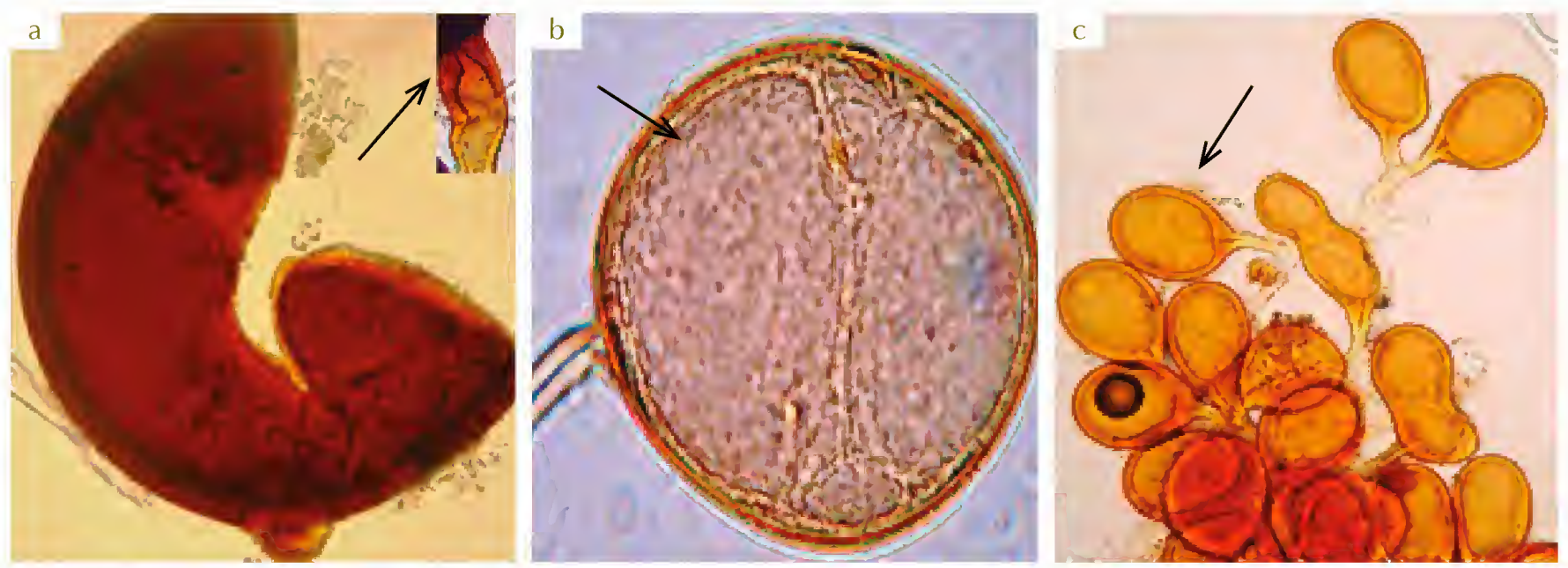


FIGURA 2. Esporas de diferentes especies de hongos micorrízicos: a) *Funneliformis geosporum*, b) *Rhizophagus* aff. *intraradices*, c) esporocarpo de *Sclerocystis rubiformis*. Fotos: Laboratorio de Génetica y Microbiología, UMSNH.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

Los HMA pertenecen al *phylum* Glomeromycota, que incluye una sola clase, los Glomeromycetes, con cuatro órdenes, 11 familias, 17 géneros y cerca de 228 especies (Schüβler *et al.* 2001, Schüβler y Walker 2010). Para Michoacán se han determinado 55 especies de 14 géneros, siendo *Acaulospora* el que presenta más especies (13), y el único orden que no se ha reportado es Paraglomerales. Se han reportado más de 25 morfotipos que no pudieron relacionarse con alguna especie descrita, esos datos no se incluyeron en la cuantificación de la riqueza de HMA, ya que es probable que algunos de esos morfotipos se repitan con los de otros estudios o con especies que sí pudieron identificarse. En el apéndice 12 se enlistan las especies reportadas en publicaciones y en observaciones no publicadas hechas por los autores.

Los principales factores que determinan la distribución de las especies de HMA son los externos abióticos (como el clima y el suelo) y los bióticos (interacciones con otros organismos), así como la historia de las perturbaciones al hábitat, e historias de vida que refieren sus propiedades intrínsecas de desarrollo, como su habilidad de dispersión y tasas de extinción, incluso especiación (Chaudhary *et al.* 2008).

Para la entidad se ha reportado la presencia de estos hongos, sobre todo en la zona templada (Sistema Volcánico Transversal), cubriendo las áreas boscosas, la franja aguacatera y los cultivos de maíz. Hay estudios en huertas de aguacate, aunque no existe reporte de la zona de tierra caliente (Sierra Madre del Sur, Llanura Costera y Depresión del Balsas-Tepaltepec) o de la zona costera, ni de otros tipos de vegetación como el bosque tropical seco que cubre grandes extensiones en esas zonas.

En el estado hay un gran vacío en el conocimiento de este grupo, y la información disponible es escasa tanto en número de estudios como en representación de coberturas vegetales y zonas (apéndice 12).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

De las siete referencias que se usaron para generar el apéndice 12, cinco localidades fueron de la diversidad de hongos micorrízicos en huertas de aguacate (Bárcenas-Ortega *et al.* 2011). Dos estudiaron la diversidad de bosques templados y dos más la diversidad en parcelas o agroecosistemas de cultivo de maíz. Veinticuatro especies se localizaron en parcelas de maíz, 25 en bosques de pino y pino-encino y 48 en huertas de aguacate.

El hecho de que las huertas de aguacate presenten casi el doble de especies reportadas se infiere porque el esfuerzo de muestreo y el área muestreada han sido considerablemente mayores en esta cobertura vegetal que en las otras dos.

De las 55 especies, 17 se encontraron en las tres coberturas vegetales estudiadas, entre las que se pueden mencionar *Acaulospora denticulata, A. laevis, A. scrobiculata, A. spinosa, Gigaspora albida, Racocetra gregaria, Pacispora coralloidea, Funneliformis geosporus,* entre otras.

Lo anterior apoya los resultados de González-Cortés *et al.* (2012) que reportaron que las comunidades de bosques, huertas de aguacate y parcelas de maíz, incluso comparando zonas distintas en suelos y climas, compartían más de la mitad de las especies, mientras que las tres coberturas dentro de la misma región compartían arriba de 70% de las especies (figura 3). Esos resultados, que surgieron de muestreos similares y comparables, sugieren que las comunidades de HMA son resilientes al cambio de uso del suelo y al manejo agronómico en los sitios productivos, por tanto, esas especies se pueden considerar como generalistas y ser un recurso potencial para ser consideradas como inoculantes biológicos, eso en los tres tipos de cultivo.

Las huertas de aguacate no sólo conservan una gran riqueza de especies de HMA (Bárcenas-Ortega *et al.* 2011), sino que mantienen una composición más parecida a la de los bosques que la que hay en parcelas cultivadas con maíz (Vega 2011, González-Cortés *et al.* 2012). Esto se debe probablemente a la gran cantidad de especies herbáceas que cubren el suelo entre los árboles de aguacate y que brindan espacio a muchas plantas hospederas potenciales para alimentar a esos hongos; dado que ocurre una simbiosis entre planta y hongo, es de esperarse que la biodiversidad derivada esté muy relacionada.

Caso contrario se da en las parcelas agrícolas, en donde el uso de herbicidas y métodos mecánicos de control de malezas reduce de manera significativa las opciones de plantas con las que los HMA pueden asociarse; además, el uso excesivo de fertilizantes reduce la generación de esa simbiosis.

Rodríguez (2012) encontró que el manejo agronómico de las huertas influye en la riqueza de las especies, y que, aunque tanto el manejo convencional como el orgánico sean de altos insumos, las prácticas de manejo orgánico ayudan a generar mayor riqueza de HMA en las huertas.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Su importancia radica sobre todo en que los HMA: 1) son especies cosmopolitas, ya que se asocian con cerca de 80% de las especies vegetales de todos los biomas terrestres, incluso con algunas plantas acuáticas (Brundrett 2009); 2) aportan múltiples beneficios a las plantas al mejorar el aprovechamiento de agua y nutrientes, sobre todo del fósforo –cuando éste es limitado–, lo que se traduce en mayor capacidad de adaptación, establecimiento y crecimiento (Alarcón 2007); 3) participan en la movilización de carbono y nutrientes minerales que se da en los ecosistemas y; 4) contribuyen de manera importante a la agregación del suelo, lo que permite la infiltración y el almacenamiento de agua, aire y materia orgánica.

Así, la contribución de los HMA a la nutrición y al crecimiento de las plantas los ubica como uno de los organismos que se consideran biofertilizantes y que se han buscado introducir o manejar en la producción agrícola para reducir el uso de insumos químicos. Por su capacidad de contribuir de forma significativa a mejorar el desarrollo de las plantas se ha impulsado su comercialización, aunque ahora incipiente, de inoculantes a base de HMA, sobre todo en México y en Michoacán, pero desafortunadamente los resultados no han sido muy favorables ya que la mayoría de dichos inoculantes contiene hongos aislados de otros países y de otros contextos ecológicos distintos a los locales.

Cabe anotar además, que las especies de HMA pueden contribuir a la funcionalidad de los agroecosistemas como una importante fuente de germoplasma; sin embargo, es importante el establecimiento de regulaciones y estrategias de gestión para su uso como inoculantes en agroecosistemas, ecosistemas y reservas naturales, buscando conservar la diversidad vegetal y fúngica natural, ya que los HMA de los mencionados sistemas son especies que crecen bajo ciertas condiciones ambientales y tienen una funcionalidad ecológica específica, sus propias ventajas y un potencial de uso biotecnológico también específico (Alarcón *et al.* 2012).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

La información presentada resalta la importancia de explorar y conservar la diversidad de HMA en Michoacán, con el fin de conocerlos y preservarlos para utilizar de manera más eficiente este recurso genético micro-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

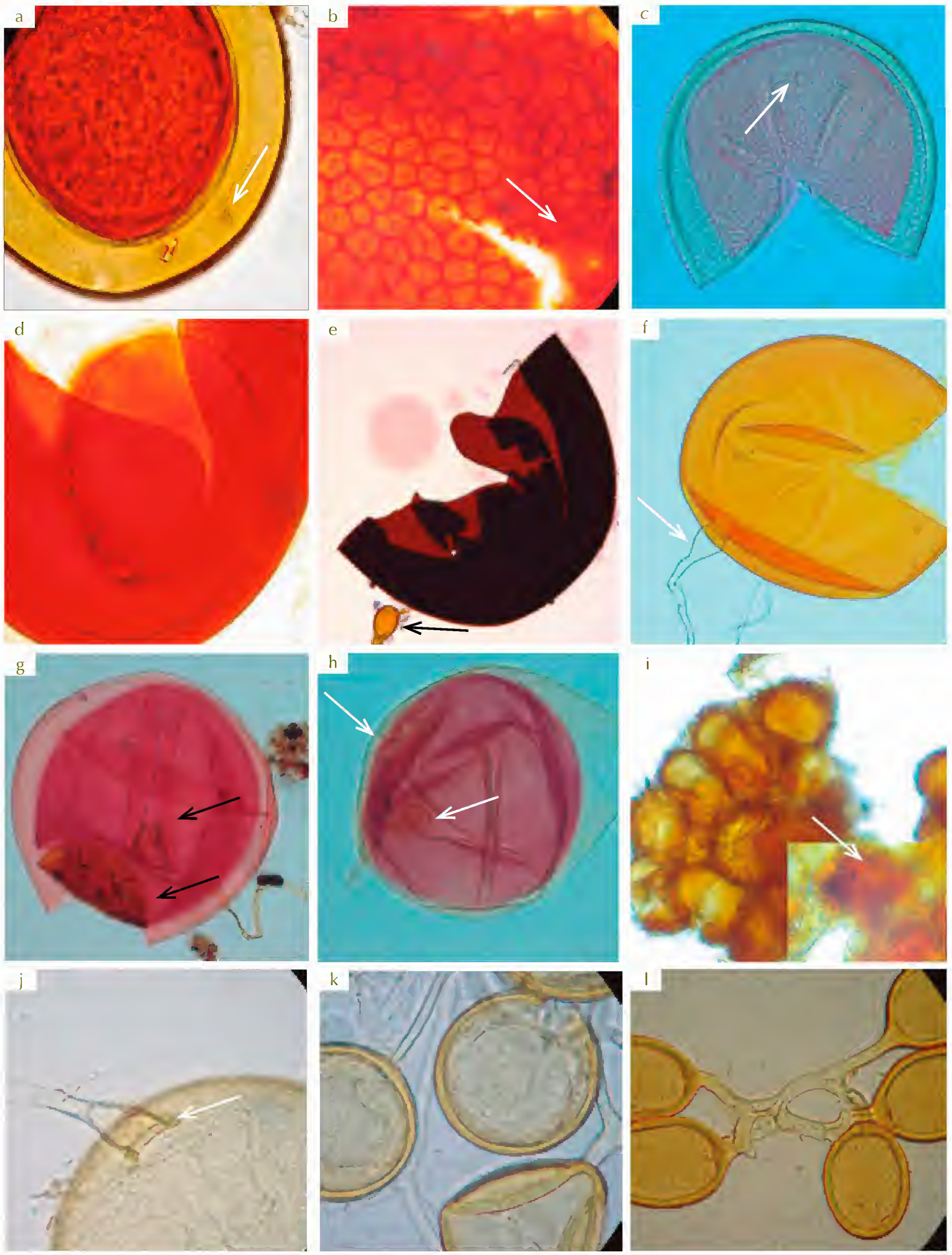


FIGURA 3. Esporas de diferentes especies de HMA: a) *Acaulospora mellea*, b) *A. denticulata*, c) *A. scrobiculata*, d) *Gigaspora decipiens*, e) *Racocetra gregaria* y f) *Gigaspora gigantea* (flechas indican detalles de hifa globosa característica de este género), g) *Scutellospora scutata* y h) *S. calospora* (las flechas señalan el escudo y la hifa globosa características de este género), i) *Sclerocystis sinuosa* y j) *Funneliformis mosseae* (la flechas señalan detalles de la hifa), k) *Rhizophagus* aff. *intraradices*, l) *Sclerocystis rubiformis*. Fotos: Laboratorio de Génetica y Microbiología, UMSNH.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

biano, útil para la inoculación de plantas y cultivos comerciales importantes, pero a través de un inóculo micorrízico ecológicamente adaptado a regiones y cultivos específicos.

A la fecha, este grupo de hongos no se ha logrado propagar y multiplicar en medios de cultivos convencionales de laboratorio (Sylvia y Jarstfer 1994), de ahí que el principal reto para la conservación y la propagación de estos hongos sea finalmente la existencia y conservación de los hábitats en los que se desarrollan.

AMENAZAS

Entre los factores que afectan de forma negativa la asociación micorrízica se encuentran las prácticas intensivas de manejo agrícola (Bethlenfalvay 1992), ya que el uso excesivo de fertilizantes y agroquímicos inhibe el establecimiento de la simbiosis y la efectividad de los HMA en la planta (Baum y Makeschin 2000, Kjöller y Rosendahl 2000). Asimismo, la excesiva mecanización agrícola para labranza destruye las redes de micelio en el suelo y además el tránsito pesado lo compacta. Por lo tanto, la labranza y la ausencia de cobertura vegetal, en campos arados que se dejan meses sin cultivo, favorece la erosión del suelo suelto y desprotegido y, en consecuencia, reduce el número de propágulos (estructuras de reproducción y propagación biológica), la biodiversidad y la funcionalidad de dichos simbiontes (Barea y Jeffries 1995); asimismo, la compactación provoca problemas de infiltración de agua, aire y materia orgánica que empobrecen más el suelo y reducen el desarrollo de los HMA.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN Y VACÍOS DE INFORMACIÓN

Al explorar la relación entre riqueza, composición de especies de HMA y propiedades de los suelos de bosques, huertas de aguacate y parcelas de maíz, en dos regiones de Michoacán (apéndice 12), se concluye que la región geográfica influye en la separación de grupos de especies más que la cobertura vegetal o las propiedades de los suelos (González-Cortés *et al.* 2012). Las zonas o regiones difieren en sus características bióticas y abióticas y hacen difícil entender las causas específicas de la diferenciación observada en las comunidades de HMA.

En ese contexto, es evidente la necesidad de no sólo generar inventarios, sino también realizar más estudios ecológicos y biogeográficos con este grupo de organismos para conocer su distribución y los factores que puedan contribuir a mantener o amenazar su riqueza. Sólo con información será posible diseñar estrategias de manejo y conservación para preservar la riqueza referida en los escasos y limitados estudios realizados a la fecha.

La diversidad de HMA en la entidad puede ser superior a la reportada, y es probable que algunas especies sean exclusivas de la microbiota mexicana. En ese sentido es importante impulsar el establecimiento de colecciones, acervos de germoplasma y caracterizaciones moleculares, además de morfológicas, para complementar los registros y poder entender patrones de distribución y biogeografía de esos hongos, que a la fecha están poco representados (en el país y en zonas tropicales) en las bases de datos mundiales (Opik *et al.* 2010).

La escasez de reportes publicados sobre este grupo de hongos puede ser resultado de la dificultad para identificar a esos organismos, lo cual se hace por medio de los caracteres morfológicos de sus esporas (ya que el micelio y otras estructuras de esas especies no son distinguibles) y por técnicas moleculares; sin embargo, ambos métodos requieren de experiencia y ninguno garantiza la correcta identificación.

Además, la clasificación de este grupo mediante reconocimiento de su morfología requiere de material en muy buenas condiciones y aún así los caracteres son ambiguos y altamente variables dentro de las especies, lo que lleva a discrepancias incluso entre los expertos y a continuos reacomodos en la clasificación.

Por su parte, los métodos moleculares también requieren de material fresco y bien conservado, y presentan, en comparación con los de otros organismos, muchas complicaciones ya que no se ha encontrado una región del material genético que resuelva de modo adecuado la caracterización de todas las especies.

Todas esas dificultades hacen que a la fecha se hayan descrito apenas un poco más de 200 especies en todo el mundo, cuando se estima que puede haber miles, eso aunado al hecho de que existen muy pocos especialistas en la taxonomía de este grupo, en México y en el mundo.

Otro factor que dificulta aún más su estudio es que su cuantificación sólo es posible en biomasa, ya que por estar formados de una red de micelio no hay manera de diferenciar un individuo de otro. El no poder distinguir individuos invalida la aplicación de la mayoría de los métodos convencionales de estudio de la biodiversidad, por lo que sólo se pueden usar estimadores basados en presencia/ausencia de las especies.

CONCLUSIONES

En la entidad, a pesar de la carencia de estudios, al menos en las zonas que se han estudiado, en el Sistema Volcánico Transversal, existe una alta riqueza de especies de HMA. Debido a que es un grupo que participa en diversas funciones ecosistémicas y que tiene potencial

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de uso como biofertilizante y mejorador de suelos, es importante promover el estudio de su diversidad en la entidad y en todo el país.

Es conveniente implementar el uso de inóculo micorrízico conformado por especies nativas de HMA (aislamientos individuales y consorcios), dirigido a plantas comerciales en las que se pueden aplicar los HMA en combinación con buenas prácticas de manejo agrícola. El inóculo micorrízico debe cumplir con estándares estrictos de calidad, basados en la abundancia, viabilidad e infectividad de propágulos (raíces esporas, micelio o colonizados) para favorecer tanto el establecimiento de HMA en las raíces y la expresión de los beneficios esperados sobre el crecimiento de las plantas.

En el estado es necesario tener un conocimiento profundo sobre la diversidad genética de los HMA y, en consecuencia, entender su diversidad funcional para proponer estrategias adecuadas para la utilización y gestión de este importante recurso biológico, sobre todo durante la propagación y la producción de plantas en condiciones de invernadero o vivero, y posteriormente poder trasladarlo a sistemas agrícolas.

REFERENCIAS

Alarcón, A. 2007. Micorriza arbuscular. En: *Microbiología agrícola*. R. Ferrera y A. Alarcón (eds.). Trillas, Ciudad de México, pp. 90-119.

Alarcón, A., L.V. Hernández-Cuevas, R. Ferrera-Cerrato y A. Franco-Ramírez. 2012. Diversity and agricultural applications of arbuscular mycorrhizal fungi in Mexico. *Journal of Biofertilizers and Biopesticides* 3:115.

Barea, J.M. y P. Jeffries. 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant systems. En: *Mycorrhiza, structure, function, molecular biology and biotechnology*. A. Varma y B. Hock (eds.). John Wiley & Sons, Nueva York, pp. 521-550.

Bárcenas-Ortega A., L. Varela-Fregoso, S.T. Stürmer y A.T. Chávez-Bárcenas. 2011. Catálogo de hongos micorrizógenos arbusculares de huertos de aguacate de Michoacán, México. En: *Memorias del VII Congreso Mundial del Aguacate*. Queensland.

Baum, C. y F. Makeschin. 2000. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on mycorrhizal formation of two poplar clones (*Populus trichocarpa* and *P. tremula*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163:491-497.

Bethlenfalvay, G.J. 1992. Mycorrhiza and crop productivity. En: *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. J. Bethlenfalvay y R.G. Linderman (eds.). Special Publication 54, American Society of Agronomy, Madison, pp. 1-25.

Brundrett, M.C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil* 320(1-2):37-77.

Carreón-Abud Y., E. Jerónimo-Treviño, M.A. Beltrán-Nambo *et al.* 2013. Aislamiento y propagación de cultivos puros de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate con diferente manejo agrícola por la técnica de minirizotrón. *Revista Mexicana de Micología* 37:29-39.

Chaudhary, B., M. Lau y N.C. Johnson. 2008. Macroecology of microbes. Biogeography of Glomeromycota. En: *Mycorrhiza*. A. Varma (ed.). Springer-Verlag, Berlín. pp. 529-564.

González-Cortés, J.C., M. Vega-Fraga, L. Varela-Fregoso *et al.* 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) communities and land use change: the conversion of temperate forests to avocado plantations and maize fields in central Mexico. *Fungal Ecology* 5:16-23.

Hause, B., C. Mrrosk, S. Isayenkov y D. Strack. 2007. Jasmonates in arbuscular mycorrhizal interactions. *Phytochemistry* 68:101-110.

INVAM. International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Endomycorrhizal Fungi. 2011. En: <*www.invam.caf.wvu.edu*>, última consulta: 10 de octubre de 2013.

Kjöller, R. y S. Rosendahl. 2000. Effects of fungicides on arbuscular mycorrhizal fungi: differential reponses in alkaline phosphatase activity of external and internal hyphae. *Biology and Fertility of Soils* 31:361-365.

Krishna, K.R. 2005. *Mycorrhizas: a molecular analysis*. Science Publishers, Inc. India.

Lerat, S., L. Lapointe, Y. Piche y H. Vierheilig. 2003. Variable carbon sink strength of different *Glomus mosseae* strains colonizing barely roots. *Canadian Journal of Botany* 81:886-889.

Opik, M., A. Vanatoa, E. Vanatoa *et al.* 2010. The online database MaarjAM reveals global and ecosystemic distribution patterns in arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *New Phytologist* 188:223-241.

Rodríguez, G.P. 2012. *Cultivos monoespecíficos y potencial micorrízico de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de parcelas de maíz con fines de ser utilizados como bioinoculantes*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Schüβler, A., D. Schwarzott y C. Walker. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105:1413-1421.

Schüβler, A. y C. Walker. 2010. *The Glomeromycota. A species list with new families and new genera*. The Royal Botanic Garden Edinburgh/The Royal Botanic Garden Kew/Botanische Staatssammlung Munich/Oregon State University, Reino Unido.

Sieverding, E. 1991. *Vesicular arbuscular mycorrhiza in tropical agrosystem*. Gesellsschaft fur techniische Zusammenarbeit (GTZ), Alemania.

Sylvia, D.M. y A.G. Jarstfer. 1994. Production of inoculum and inoculation with arbuscular micorrhizal fungi. En: *Management of mycorrhizas in agricultura, horticulture and forestry*. A.D. Robson, L.K. Abbott y N. Malujczuk (eds.). Kluwer Academic Publishers, Países Bajos, pp. 231-238.

Sylvia D.M. 1999. Mycorrhizal symbioses. En: *Principles and application of soil microbiology*. D. Sylvia, J. Fuitrmann, P. Hartel y D. Zuberer (eds.). Prentice Hall, Nueva Jersey.

Smith, S.E. y D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. Elsevier, Academic Press, Nueva York.

Vega, F.M. 2011. *Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares y potencial micorrízico de dos agroecosistemas y una zona natural del estado de Michoacán*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hongos macromicetos

VÍCTOR MANUEL GÓMEZ REYES Y MARLENE GÓMEZ PERALTA

DESCRIPCIÓN

Los hongos son un grupo único debido a sus características, por lo que se sitúan en el reino Fungi, separado de las plantas y de los animales. Son organismos heterótrofos (que absorben los nutrientes del medio ambiente), con células alargadas eucarióticas (con núcleo celular delimitado). El talo (cuerpo del hongo) en la mayoría de los casos está formado por hifas (filas de células alargadas) con crecimiento apical, rodeadas por una pared rígida, compuesta principalmente por quitina (sustancia formada por un conjunto de formas simples de azúcar, que además de estar presente en los hongos es parte del exoesqueleto de insectos y crustáceos). La reproducción de los hongos es sexual o asexual, lo que implica la presencia de gran número de estructuras especializadas para la producción de esporas (Deacon 2006).

Los hongos que producen estructuras reproductoras (cuerpos fructíferos) macroscópicas que son visibles a simple vista se definen como macromicetos y pertenecen sobre todo a los *phyla* Ascomycota y Basidiomycota; en estos grupos se encuentran hongos comestibles como los champiñones (*Agaricus* spp.) y las setas (*Pleurotus* spp.), entre muchos otros.

DIVERSIDAD

Con base en una revisión bibliográfica realizada para esta contribución (Castillo y Guzmán 1970, Guzmán y Herrera 1971, Singer y Kuthan 1976, Singer 1978, Guzmán y Varela 1979, Guzmán *et al.* 1979, Lowy 1979, Lowy y Guzmán 1979, Hosford y Trappe 1980, Mapes *et al.* 1981, Marmolejo *et al.* 1981, Valenzuela *et al.* 1981, Chacón y Guzmán 1983, Santiago *et al.* 1984, Cifuentes *et al.* 1985, Pérez-Silva y Aguirre-Acosta 1985, García *et al.* 1986, Montoya *et al.* 1987, Bandala *et al.* 1988, Díaz-Barriga 1988, Díaz-Barriga *et al.* 1988, Guzmán *et al.* 1988, León-Gómez y Pérez-Silva 1988, Villegas y Cifuentes 1988, Bandala *et al.* 1989, Cifuentes *et al.* 1989, Chacón y Medel 1990, Cifuentes *et al.* 1990, Gutiérrez-Ruiz y Cifuentes 1990, Valenzuela 1990, Pompa-González y Cifuentes 1991, Romero 1991, Díaz-Barriga y Chacón 1992, Bandala y Montoya 1993, Sierra y Cifuentes 1993, Villarruel-Ordaz *et al.* 1993, Díaz-Barriga 1996, Rogers *et al.* 1996, Valenzuela *et al.* 1996, Villarreal-Ruiz 1996, García 1999, Medel *et al.* 1999, San Martín *et al.* 1999, Medel y Chacón 2000, Rodríguez y Guzmán-Dávalos 2001, San Martín *et al.* 2001, Gómez 2002, Medel 2002, Díaz-Barriga 2003, Telles 2003, Castro 2004, Sandoval 2004, Medel 2005, Valenzuela *et al.* 2006, Vite-Garín *et al.* 2006, Zamora 2006, Jaimes 2007, León 2007, Medel 2007, Ramírez-López y Villegas 2007, Valenzuela *et al.* 2007, Torres 2008, Chávez-León *et al.* 2009, Cruz 2009, Gómez-Peralta *et al.* 2009, Medel *et al.* 2010, Medina-Jaritz *et al.* 2012, Ruiz-Quintana 2012, Tinoco 2012), con la consulta de las bases de datos de la CONABIO y de la

Gómez-Reyes, V.M. y M. Gómez-Peralta. 2019. Hongos macromicetos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 53-62.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Muestra de la riqueza de macromicetos del estado: a) *Helvella crispa* (gachupín, *Xiráta anhantsi*), b) *Hypomyces lactifluorum* (trompa de puerco, *Chalámaxi*), c) *Morchella rufobrunnea*, d) *Pithya cupressina*, e) *Amanita muscaria*, f) *A. rubescens*, g) *Chroogomphus rutilus*, h) *Hericium erinaceus*, i) *Laccaria proxima* (hongo de lima, *Tsítipikua*), j) *Lactarius indigo*, k) *Pleurotus dryinus*, l) *Xeromphalina campanella*. Fotos: Víctor Manuel Gómez Reyes.

colección de macromicetos del Herbario de la Facultad de Biología (EBUM), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), se presentan a continuación los registros contabilizados para el estado.

Se registraron 688 especies de macromicetos (apéndice 13), clasificados en ascomicetos (Ascomycota) y basidiomicetos (Basidiomycota, figura 1). De ellos, 30 presentan una categoría infraespecífica, el resto se ubica sólo a nivel de especie (cuadro 1) y representan 14.3% de los macromicetos citados para el país, considerando las 4 800 especies reportadas en México de acuerdo con Guzmán (1998).

Para el estado se reportan 96 taxones de ascomicetos que corresponden a ocho órdenes, 19 familias, 43 géneros, 93 especies y tres taxa infraespecíficos, de los cuales destaca el género *Helvella* con 13 especies. Por su parte, los basidiomicetos se encuentran representados por 620 taxones que corresponden a 19 órdenes, 63 familias, 196 géneros, 594 especies y 27 taxa infraespecíficos, de los cuales destacan los géneros

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Diversidad de familias, géneros, especies y taxa infraespecíficos.

Phyla	Orden	Familias	Géneros	Especies	Subespecies
Ascomycota	Eurotiales	1	1	3	
	Geoglossales	1	1	3	2
	Helotiales	ND	2	3	
	Hypocreales	3	4	7	
	Leotiales	2	2	3	
	Pezizales	10	25	58	
	Rhytismatales	1	2	3	
	Xylariales	1	6	13	1
Basidiomycota	Agaricales	20	70	281	15
	Auriculariales	1	3	5	
	Boletales	11	28	92	3
	Cantharellales	4	6	13	2
	Corticiales	1	1	1	
	Dacrymycetales	1	4	9	
	Geastrales	1	2	7	
	Gloeophyllales	1	3	4	
	Gomphales	2	4	22	6
	Hymenochaetales	1	8	14	
	Hysterangiales	1	1	1	
	Phallales	1	1	1	
	Polyporales	6	36	63	
	Russulales	6	15	52	1
	Sebacinales	1	2	2	
	Thelephorales	2	6	17	
	Tremellales	2	5	9	
	Ustilaginales	1	1	1	
Especie no determinada		ND	1	1	
Total		**82**	**240**	**688**	**30**

ND: no determinado.
Fuente: elaboración propia.

Amanita y *Boletus,* con 42 y 33 taxones, respectivamente. El arreglo sistemático de los taxones sigue la clasificación propuesta por Hawksworth *et al.* (1995), con algunas modificaciones según lo planteado por Kirk *et al.* (2008). Para las autoridades taxonómicas y nombres actuales de los taxones se consultó el *Index fungorum* (www.indexfungorum.org); cuando existió controversia en el nombre actual se decidió por el nombre propuesto en esa publicación.

Como especies endémicas (aquellas que son nativas o se encuentran restringidas a cierta área geográfica, aunque dicho efecto puede deberse a que se trata de especies nuevas para la ciencia o que no han sido reportadas en otras localidades), se encuentran: *Neotremella guzmanii* y *Xylaria michoacana,* reportadas para los municipios de Coalcomán (Sierra Madre del Sur) y Pátzcuaro (Sistema Volcánico Transversal), respectivamente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

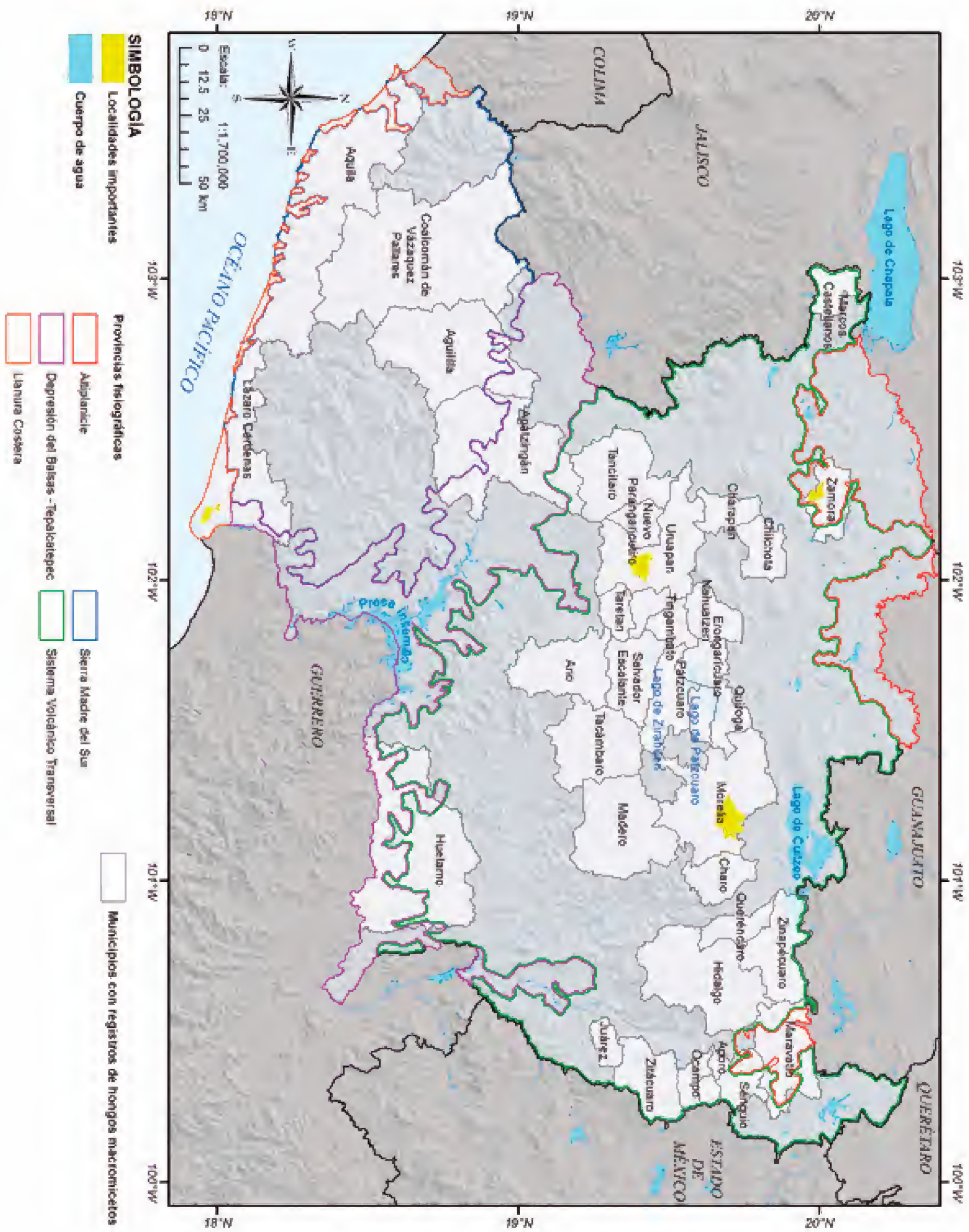


FIGURA 2. Municipios con registro de recolecta de macromicetos. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN

La información que se presenta está basada en la revisión bibliográfica ya mencionada. Los registros para el estado corresponden a 186 localidades de 40 municipios (figura 2). El mayor número de recolectas corresponde a Morelia, Uruapan, Hidalgo, Pátzcuaro, Senguio, Zinapécuaro, Charo y Queréndaro, todos ubicados en la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal y concentrando la mayoría de los registros. En estos sitios predominan los bosques templados, que son los tipos de vegetación que registran la mayoría de las recolectas, entre ellos, y en orden de mayor a menor número de recolectas, se encuentran los bosques de pino-encino, pino-oyamel, pino, encino y mesófilo de montaña.

Ese patrón de distribución está relacionado con la mayor diversidad que presenta el grupo, que coincide con las zonas templadas dominadas por bosques de coníferas y encinos, comparado con las selvas bajas, por lo que los esfuerzos de recolecta se han enfocado en esas áreas, tanto por parte de investigadores del estado como por los externos. El resto de provincias fisiográficas presentan menor número de registros, la Sierra Madre del Sur con 28 y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec con cuatro, mientras que la Llanura Costera y Altiplanicie no cuentan con registros de hongos macromicetos.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

La importancia de los hongos en los ecosistemas se relaciona con el papel ecológico que desempeñan y con las distintas estrategias tróficas (para alimentarse). Por ejemplo, son los principales degradadores de materia orgánica muerta (saprobios), aunque también son responsables de enfermedades de plantas y animales, por su papel de parasitismo; además, forman asociaciones simbióticas con otros organismos, como líquenes (véase Líquenes, en esta obra) y con las micorrizas (asociación de raíces de plantas con hongos, donde los últimos se alimentan de los azúcares que produce la planta por fotosíntesis y a su vez le proveen de minerales como fósforo, nitrógeno y potasio; Deacon 2006).

Los grupos tróficos se encuentran representados de la siguiente manera: 19 especies son parásitas, entre ellas se encuentra *Ustilago maydis,* conocido como huitlacoche, hongo comestible que parasita el maíz; 327 taxones forman micorrizas, sobre todo con coníferas y encinos, siendo los géneros más representativos *Amanita*, *Boletus* y *Laccaria*; los saprobios están representados con 362 taxones, con especies de los géneros *Agaricus* (champiñones) y *Pleurotus* (setas).

Como actividad económica, la venta de hongos y el micoturismo (actividad social encaminada a conocer, conservar y aprovechar los hongos como recurso), son dos alternativas importantes para el desarrollo regional. Los hongos silvestres comestibles se comercializan en los mercados locales de las principales cabeceras municipales, sobre todo las cercanas a las zonas rurales, como Morelia, Pátzcuaro, Uruapan y Zitácuaro (figura 3).

FIGURA 3. Niña purépecha comercializando hongos comestibles silvestres en la comunidad de Patamban, Michoacán. Foto: Víctor Manuel Gómez Reyes.

Gómez-Peralta y Angón-Torres (2004) mencionan que en la ciudad de Morelia se comercializan 16 especies, por ejemplo, hongo amarillo (*Amanita caesarea*), trompas de puerco (*Hypomyces lactifluorum*), patitas de pájaro (*Ramaria* spp.), pancitas o pambazos (*Boletus* spp.), entre otras; con precios que van de 20 a 70 pesos el kilogramo, dependiendo de la especie y del tiempo (inicio o final de la temporada). Algunas de esas especies, como *Boletus edulis* y afines, se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de amenazada (véase Estudio de caso. Recursos forestales no maderables, en esta obra).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Culturalmente, los macromicetos tienen un papel relevante en la gastronomía y en la lingüística, y se considera un recurso que otorga identidad a las comunidades indígenas del estado. Con base en una revisión bibliográfica, Ruiz-Quintana (2012) recopiló 241 nombres comunes en español, 99 en mazahua y 64 en purépecha, correspondientes a 122 especies de macromicetos (véase Estudio de caso. Conocimiento etnomicológico de los macromicetos, en esta obra).

Por otro lado, Mapes *et al.* (1981) mencionan que es probable que se haya perdido el uso de los hongos alucinógenos con fines ceremoniales, y resaltan el hallazgo de una pieza labrada en piedra proveniente de Las Yácatas, municipio de Tzintzuntzan, que representa en una de sus caras la fase juvenil de *Amanita muscaria* y por el lado opuesto se identifica la cabeza de una calavera.

Con este hallazgo, la interpretación de los autores es que es probable que los purépechas utilizaran hongos en ceremonias y además conocían las propiedades tóxicas de *A. muscaria*. Para el resto de la entidad no existen referencias bibliográficas del uso de los hongos alucinógenos con fines ceremoniales.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), 21 especies se encuentran bajo alguna categoría de protección (cuadro 2), 18 en la categoría de amenazada y tres bajo protección especial. De éstas, 10 son especies sujetas a explotación con fines de comercialización, como el caso del hongo blanco de ocote (*Tricholoma magnivelare*) que se encuentra en los municipios de Angangueo, Charo, Hidalgo, Senguio y Zinapécuaro.

CUADRO 2. Especies de macromicetos incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie	Nombre común	Categoría	Tipo de aprovechamiento
Agaricus augustus	Codorniz[1]	A	Autoconsumo
Amanita muscaria	Uachas, granulado y azúcar[1]	A	
Boletus edulis	Cema,[3] cemita y pantereko[1]	A	Autoconsumo/comercialización
*Chroogomphus rutilus**		A	
Cantharellus cibarius	Flor[3]	Pr	
Entoloma giganteum		A	
Hygrophorus russula		A	
Leccinum aurantiacum		A	
Morchella angusticeps		A	
M. costata		A	
M. elata		A	
M. esculenta		A	
M. rufobrunnea		A	
Psathyrella spadicea		A	
Psilocybe aztecorum		A	
P. caerulescens		A	
P. cordispora		Pr	
P. hoogshagenii		A	
P. mexicana		A	
P. yungensis		A	
P. zapotecorum		A	
Tricholoma magnivelare	Hongo de ocote[2]	Pr	Comercialización

[1]Mapes *et al.* 1981, [2]Gómez *et al.* 1999, [3]Gómez *et al.* 2005. *Sinonimia de *Gomphidius rutilus*. A: Amenazada, Pr: sujeta a protección especial. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Los macromicetos son un grupo de amplia distribución, no obstante, presentan amenazas relacionadas con la pérdida de hábitats, como la deforestación ocasionada por tala, incendios forestales y cambio de uso del suelo con fines agrícolas o de urbanización.

Las poblaciones de macromicetos se ven amenazadas localmente, sobre todo en las zonas templadas del estado (Sistema Volcánico Transversal), donde es evidente el cambio de uso del suelo forestal con fines de producción aguacatera, cuya superficie incrementó 75% de 1980 a 2012 (León-Chávez *et al.* 2012), lo que representa una seria amenaza para la conservación de los macromicetos que habitan esos ecosistemas.

Aunado a lo anterior, el aumento en la demanda de macromicetos comestibles, como *Amanita caesarea*, *Boletus edulis* y afines, *Lyophyllum decastes*, *Pleurotus dryinus* y *Tricholoma magnivelare*, ha puesto en riesgo a las poblaciones locales debido a la sobreexplotación (Gómez 2014).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

En la entidad las acciones encaminadas a la conservación de los macromicetos han sido realizadas por instituciones educativas. El Museo de Historia Natural Manuel Martínez Solórzano y la Facultad de Biología de la UMSNH llevan más de 25 años realizando exposiciones de hongos en los alrededores de Morelia, con el objetivo de informar a la sociedad sobre la importancia ecológica de ese grupo y la relevancia de la conservación de los bosques como su principal hábitat.

En 2010 se publicó la *Guía de hongos de los alrededores de Morelia*, donde se cuenta la historia de esos 25 años de exposiciones de hongos, además se incluyó una guía fotográfica con las especies recolectadas para las exposiciones, sin embargo, no se analizó el impacto que ha tenido el programa en la sociedad, situación por demás importante.

Por otro lado, la Facultad de Biología de la UMSNH, junto con la Asociación de Recolectores de Hongos Silvestres Comestibles, La Villita, A.C. de S.C., de la comunidad de Yoricostio, en Tacámbaro, realizan recorridos de micoturismo desde 2007, en donde se muestra la diversidad de hongos en la región y, al mismo tiempo, se concientiza a los visitantes sobre la importancia ecológica de este grupo en los bosques; el recorrido culmina con una degustación de hongos silvestres comestibles preparados por familias de la comunidad (Reyes y Zamora 2009).

En la región oriente del estado, en el municipio de Senguio, se realiza una exposición de hongos silvestres desde 1997, son dos pequeñas mesas colocadas en Portal Bravo, frente al jardín principal, la finalidad es mostrar las diferentes especies de hongos que crecen en los bosques de la sierra de Chincua, y al mismo tiempo promocionar el cultivo de hongos entre los habitantes del municipio. En 2013 se realizó la 16ava. feria del hongo, donde además de mostrar las diferentes especies se dieron conferencias sobre su cultivo.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

A pesar de la importancia biológica, económica y cultural que tienen los macromicetos, se trata de uno de los grupos biológicos menos estudiados en el estado, sobre todo debido a que hay pocos especialistas en la entidad. Es de suma importancia realizar inventarios que contribuyan al conocimiento de la diversidad fúngica, sobre todo en las regiones menos exploradas como: Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas-Tepalcatepec, y en las distintas áreas naturales protegidas que se encuentran en la entidad.

En cuanto a los tipos de vegetación, el bosque tropical caducifolio, matorral subtropical y tropical subcaducifolio han sido poco estudiados; asimismo, se carece de información sobre bosque espinoso, palmar, pastizal y vegetación de dunas.

Además del conocimiento de la riqueza de los macromicetos es importante conocer las dinámicas poblacionales, en particular de aquellas especies que son de uso comestible y se encuentran sujetas a explotación, debido a que se desconocen los factores climáticos, silvícolas y edáficos, entre otros, que influyen en la producción de cuerpos fructíferos.

Del total de áreas naturales protegidas (ANP) que se reportan para la entidad (14 corresponden a jurisdicción federal y las 42 restantes son de jurisdicción estatal; véase Áreas bajo conservación, en esta obra), sólo cinco cuentan con inventarios micológicos: los parques nacionales Cerro Garnica (Romero 1991), Insurgente José María Morelos (Téllez 2003), Barranca del Cupatitzio (Chávez-León *et al.* 2009), Área de Protección de Recursos Naturales Los Azufres (Cifuentes *et al.* 1990) y Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (Díaz-Barriga 2003), y en su mayoría se trata de estudios parciales.

En cuanto a ANP de carácter estatal, solo el parque urbano ecológico de Capácuaro y la zona sujeta a conservación ecológica Cerro del Punhuato cuentan con recolecta de macromicetos.

En ese contexto es evidente la necesidad de continuar los inventarios y estudios de este grupo en todo el estado, y sobre todo en las zonas destinadas a la conservación de la riqueza y diversidad biológica.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

Sobre la riqueza de macromicetos en la entidad, respecto a la edición anterior donde se reportaron 652 especies en 30 municipios (Gómez-Peralta y Gómez 2005), la presente revisión muestra un incremento en 56 taxones y 10 municipios, lo que sitúa a Michoacán entre las entidades con más registros de macromicetos, después de los estados de Veracruz, Jalisco, Oaxaca y Estado de México.

Estos datos contrastan con la poca atención que ha tenido el grupo en la entidad, pues a pesar de ser diverso se tiene mayor conocimiento de grupos como las angiospermas, con 4 420 especies en el estado (Carranza 2005); o el caso de la avifauna, que reporta 547 especies que representan 51.6% de las aves mexicanas (Villaseñor 2005). Los anteriores ejemplos indican el esfuerzo de muestreo e investigación que se han hecho con esos grupos y que aún hace falta para los macromicetos.

Algunas regiones de la entidad, debido al alto consumo de hongos silvestres comestibles se podrían considerar micófilas, principalmente las comunidades que se ubican alrededor de la cuenca del lago de Pátzcuaro, la meseta purépecha y el oriente del estado, lo que coincide con las áreas donde se encuentran asentados los pueblos purépechas y mazahuas.

En las últimas décadas estas zonas han presentado una disminución en la cobertura forestal y, como ya se mencionó, aunado a la presión por la comercialización de las especies comestibles se presentan serias amenazas locales para la conservación, en particular de aquellas especies que son comestibles; es importante realizar evaluaciones de esas poblaciones y proponer alternativas para el adecuado aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles.

Además, se requiere mayor apoyo a la investigación que realizan las instituciones académicas para incrementar el conocimiento de la micobiota, así como invertir y apoyar la formación de recursos humanos en esa área. Asimismo, es necesario implementar acciones para el manejo de los hongos silvestres comestibles, respaldadas por estudios enfocados en entender las dinámicas poblacionales, así como proponer estrategias para el aprovechamiento sustentable del recurso micológico y evaluar las acciones realizadas en materia de educación y concientización ambiental.

REFERENCIAS

Bandala M., V.M., G. Guzmán y L. Montoya B. 1988. Especies de macromicetos citadas de México, VII. Agaricales, parte II (1972-1987). *Revista Mexicana de Micología* 4:205-250.

——. 1989. Algunos Geoglossaceae (Fungi, Helotiales) poco conocidos en México. *Revista Mexicana de Micología* 5:117-123.

Bandala M., V.M. y L. Montoya B. 1993. Nuevos registros de hongos del estado de Veracruz, V. Nuevos Aphyllophorales y Agaricales. *Revista Mexicana de Micología* 9:85-118.

Carranza G., E. 2005. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado.* L.E. Villaseñor (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, pp. 73-76.

Castillo, J. y G. Guzmán. 1970. Estudios sobre los poliporáceos de Nuevo León, II. Observaciones sobre las especies conocidas y discusiones acerca de su distribución en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 31:1-48.

Castro P., L. 2004. *Comercialización de hongos silvestres comestibles en los mercados y tianguis de Morelia, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Chacón, S. y G. Guzmán. 1983. Especies de macromicetos citadas de México, V. Ascomycetes, parte II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 18:103-114.

Chacón, S. y R. Medel. 1990. Ascomycetes poco conocidos en México, V. Descripción de algunos Pezizales. *Revista Mexicana de Micología* 6:199-206.

Chávez-León, G., V.M. Gómez-Reyes y M. Gómez-Peralta. 2009. Riqueza de macromicetos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Ciencia Forestal en México* 105:73-97.

Chávez-León, G., L.M. Tapia, M. Bravo *et al.* 2012. *Impacto del cambio del uso del suelo forestal a huertos de aguacate*. Libro técnico núm. 13. INIFAP/Centro de Investigación Pacífico Centro/Campo Experimental Uruapan.

Cifuentes, J., L. Pérez-Ramírez y M. Villegas. 1989. Descripción de macromicetos poco estudiados en México, III. *Revista Mexicana de Micología* 5:101-115.

Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1985. Descripción de macromicetos poco estudiados en México, I. *Revista Mexicana de Micología* 1:413-422.

Cifuentes, J., M. Villegas, L. Pérez-Ramírez *et al.* 1990. Observaciones sobre la distribución, hábitat e importancia de los hongos de Los Azufres, Michoacán. *Revista Mexicana de Micología* 6:133-149.

Cruz A., J. 2009. *Conocimiento tradicional de los nombres de los hongos de la región mazahua de Zitácuaro, Michoacán, México*. Memoria profesional. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Deacon, J.W. 2006. *Fungal biology*. Blackwell Publishing, EUA.

Díaz-Barriga, H. 1988. Primer registro de *Trichoglossum velutipes* (Geoglossaceae, Ascomycetes) para México. *Acta Botanica Mexicana* 2:1-4.

——. 1996. *Hongos comestibles y venenosos de la cuenca del lago de Pátzcuaro Michoacán*. Editorial Universitaria/UMSNH/CIDEM/Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

——. 2003. *Hongos macromicetos comestibles, venenosos, medicinales y destructores de la madera, de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, sierra Chincua, Michoacán, México*. Fundación Produce, Michoacán, A.C./Comisión Forestal del Estado de Michoacán, México.

Díaz-Barriga, H. y S. Chacón. 1992. Nuevos registros del género *Microglossum* (Ascomycota, Geoglossaceae) para la micoflora mexicana. *Acta Botanica Mexicana* 20:5-8.

Díaz-Barriga, H., F. Guevara F. y R. Valenzuela. 1988. Contribución al conocimiento de los macromicetos del estado de Michoacán. *Acta Botanica Mexicana* 2:21-44.

García, J. 1999. *Estudio sobre la taxonomía, ecología y distribución de algunos hongos de la familia Boletaceae (Basidiomycetes, Agaricales) de México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Linares.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

García, J., G. Gaona, J. Castillo y G. Guzmán. 1986. Nuevos registros de boletaceos en México. *Revista Mexicana de Micología* 2:343-366.

Gómez C., M., M.M.C. Zamora M. y J.F. Castellanos B. 1999. Sugerencias técnicas para la recolección del hongo blanco de ocote. *Folleto técnico forestal* núm. 10. INIFAP, Oaxaca.

Gómez-Peralta, M. y Ma. P. Angón-Torres. 2004. Recursos forestales no maderables aprovechados en Morelia. *Fuentes para el conocimiento natural de Michoacán* núm. 7, Gobierno del Estado de Michoacán.

Gómez-Peralta, M. y V.M. Gómez R. 2005. Hongos y líquenes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado.* L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 64-65.

Gómez-Peralta, M., G. Reyes G. y V. Zamora E. 2009. Listado de especies registradas en las exposiciones de hongos de los alrededores de Morelia. En: *Guía de hongos de los alrededores de Morelia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.* G. Reyes G., M. Gómez-Peralta y V. Zamora E. (eds.). Museo de Historia Natural Manuel Martínez Solórzano/UMSNH, México, pp. 355-365.

Gómez R., V.M. 2002. *Producción natural de hongos comestibles silvestres de la comunidad de Atécuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2014. *Micocenosis del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, México.* Tesis doctoral. Universidad de León, España.

Gómez R., V.M., M. Gómez-Peralta y Z. Ortega-Varela. 2005. Hongos silvestres comestibles de la comunidad indígena de Nicolás Romero, municipio Zitácuaro, Michoacán. *Biológicas* 7: 22-27.

Gutiérrez-Ruiz, J. y J. Cifuentes. 1990. Contribución al conocimiento del género *Agaricus* subgénero *Agaricus* en México. *Revista Mexicana de Micología* 6:151-177.

Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384.

Guzmán, G. y T. Herrera. 1971. Especies de macromicetos citadas de México, II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 5:57-78.

Guzmán, G., L. Montoya B. y V.M. Bandala M. 1988. Nuevos registros de los hongos alucinógenos del género *Psilocybe* en México y análisis de la distribución de las especies conocidas. *Revista Mexicana de Micología* 4:255-265.

Guzmán, G. y L. Varela. 1979. Observaciones sobre el hongo *Bondarzewia berkeleyi* en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:55-62.

Guzmán, G., R. Vázquez B. y A. López. 1979. Distribución de las especies del género *Psilocybe* en México y descripción de una nueva especie. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:173-186.

Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Sutton y D.N. Pegler. 1995. *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi.* CAB International, Wallingford.

Hosford, D.R. y J.M. Trappe. 1980. Taxonomic studies on the genus *Rhizopogon*, II. Notes and new records of species from Mexico and Caribbean countries. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 14:3-16.

Index fungorum. 2013. En: *<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>*, última consulta: 3 de marzo de 2017.

Jaimes S., J.L. 2007. *Micetismos faloidianos en el oriente de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Kirk, P.M., P.F. Cannon, D.W. Mintery y J.A. Stalpers. 2008. *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi.* CAB International, Wallingford.

León-Gómez, C. y E. Pérez-Silva. 1988. Especies de Nidulariales (Gasteromycetes) comunes en México. *Revista Mexicana de Micología* 4:161-183.

León J., D.F. 2007. *Producción natural de hongos silvestres comestibles de Yoricostio, Municipio de Tacámbaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Lowy, B. 1979. A new genus and species of Tremellaceae from Mexico. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:223-227.

Lowy, B. y G. Guzmán. 1979. Nuevos registros de tremellales de México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:211-214.

Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero. 1981. *Etnomicología purépecha: el conocimiento y uso de los hongos en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán.* Serie etnociencia, Cuadernos de etnobiología núm. 2. Dirección General de Culturas Populares/Sociedad Mexicana de Micología, A.C./Instituto de Biología-UNAM, México.

Marmolejo, J.G., J. Castillo T. y G. Guzmán. 1981. Descripción de especies de Teleforáceos poco conocidas en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 15:9-66.

Medel, R. 2002. Nuevos registros de Pyrenomycetes (Ascomycotina) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 70:79-85.

——. 2005. A review of the genus *Gyromitra* (Ascomycota, Pezizales, Discinaceae) in Mexico. *Mycotaxon* 94:103-110.

——. 2007. Especies de Ascomycetos citados de México, IV: 1996-2006. *Revista Mexicana de Micología* 25:69-76.

Medel, R. y S. Chacón. 2000. Contribución al conocimiento del género *Plectania* (Pezizales, Sarcosomataceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 50:11-19.

Medel, R., G. Guzmán y R. Castillo. 2010. Adiciones al conocimiento de *Xylaria* (Ascomycota, Xylariales) en México. *Revista Mexicana de Micología* 31:9-18.

——. 1999. Especies de macromicetos citadas de México, IX. Ascomycetes, parte III: 1983-1996. *Acta Botanica Mexicana* 46:57-72.

Medina-Jaritz, N.B., M.R. Palacios-Pacheco y R. Valenzuela-Garza. 2012. Adiciones al conocimiento de los hongos poliporoides de Chiapas. *Acta Botanica Mexicana* 101:95-126.

Montoya B., L., V.M. Bandala M. y G. Guzmán. 1987. Nuevos registros de hongos en el estado de Veracruz, IV. Agaricales II (con nuevas colectas de Coahuila, Michoacán, Morelos y Tlaxcala). *Revista Mexicana de Micología* 3:83-107.

Pérez-Silva, E. y E. Aguirre-Acosta. 1985. Las especies del género *Oudenmasiella* (Tricholomataceae, Agaricales) en México. *Revista Mexicana de Micología* 1:243-257.

Pompa-González, A. y J. Cifuentes. 1991. Estudio taxonómico de los Pezizales de los estados de Guerrero, Hidalgo, Estado de México y Michoacán. *Revista Mexicana de Micología* 7:87-112.

Ramírez-López, I. y M. Villegas R. 2007. El conocimiento taxonómico del Geoglossaceae *sensu lato* (Fungi: Ascomycetes) en México con énfasis en la zona centro y sur. *Revista Mexicana de Micología* 2:41-49.

Reyes G., G. y V. Zamora E. 2009. Listado de especies registradas en las exposiciones de hongos de los alrededores de Morelia. En: *Guía de hongos de los alrededores de Morelia.* G. Reyes, M. Gómez-Peralta y V. Zamora E.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(eds.). Museo de Historia Natural Manuel Martínez Solorzano/UMSNH, pp. 348-354.

Rodríguez, O. y L. Guzmán-Dávalos. 2001. Clave dicotómica para las especies del género *Pluteus* Fr. (Pluteaceae) conocidas en la región de Nueva Galicia y algunas áreas aledañas, México. *Acta Botanica Mexicana* 57:23-36.

Rogers, J.D., F. San Martín y M.J. Yu. 1996. Mexican fungi: *Xylaria entosulphurea* sp. nov. and neotypification of *Entonaema globosum*. *Mycotaxon* 58:483-487.

Romero A., A. 1991. *Contribución al conocimiento de los macromicetos del parque nacional Cerro Garnica, Queréndaro-Ciudad Hidalgo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ruiz-Quintana, B.A. 2012. *Diversidad de hongos silvestres comestibles del estado de Michoacán.* Memoria de titulación. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

San Martín, F.E., J. Yu-Ming y J.D. Rogers. 1999. Algunas especies de *Hypoxylon* (Pyrenomyces, Xylariaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* 47:31-53.

San Martín, F., P. Lavín y J.D. Rogers. 2001. Some species of *Xylaria* (Hymenoascomycetes, Xylariaceae) associated with oaks in Mexico. *Mycotaxon*. 79:337-360.

Sandoval H., S. 2004. *Alternativas de aprovechamiento del hongo comestible que se comercializa en los mercados de la ciudad de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Santiago, G., J. Cifuentes y M. Villegas.1984. Contribución al conocimiento del género *Amanita* en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:93-105.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

Sierra, S. y J. Cifuentes.1993. Contribución al estudio taxonómico de los hongos tremeloides (Heterobasidiomycetes) de México. *Revista Mexicana de Micología* 9:119-137.

Singer, R. 1978. Notes on Bolete taxonomy, II. *Persoonia* 9:421-438.

Singer, R. y J. Kuthan. 1976. Notes on *Chroogomphus* (Gomphidiaceae). *Ceska Mykol*. 30:81-89.

Téllez L., A.G. 2003. *Hongos macromicetes degradadores de la madera en el área recreativa del km 23, municipio de Charo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Tinoco M., O. 2012. *Listado taxonómico de macromicetes post-incendio del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Torres G., M. 2008. *Conocimiento y uso popular de macromicetos silvestres en la comunidad de Arantepacua, municipio de Nahuatzen, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Valenzuela, R. 1990. El género *Chlorociboria* en México. *Revista Mexicana de Micología* 6:125-131.

Valenzuela, R., G. Guzmán y J. Castillo. 1981. Descripción de especies de macromicetos poco conocidas en México, con discusiones sobre su ecología y distribución. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 15:67-120.

Valenzuela, R., R. Nava y J. Cifuentes. 1996. La familia Hymenochaetaceae en México I. El género *Hydnochaete* Bres. *Polibotánica* 1:7-15.

Valenzuela, R., M.R. Palacios-Pacheco, T. Raymundo y S. Bautista-Hernández. 2006. Especies de poliporáceos poco conocidos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:35-49.

Valenzuela, R., T. Raymundo y J. Cifuentes. 2007. La familia Hymenochaetaceae en México III. El género *Aurificaria* D. A. Reid. *Polibotánica* 24:153-166.

Villarreal-Ruiz, L. (ed.). 1996. *Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad y alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados de México.* Informe final, proyecto-CONABIO C066. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad/Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Estado de México.

Villarruel-Ordaz, J.L., L. Pérez-Ramírez y J. Cifuentes. 1993. Nuevos registros del género *Collybia* (Tricholomataceae) y descripción de especies poco estudiadas en México. *Revista Mexicana de Micología* 9:139-164.

Villaseñor G., L.E. 2005. Aves. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado.* L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 101-103.

Villegas, M. y J. Cifuentes. 1988. Revisión de algunas especies del género *Ramaria* subgénero *Lentoramaria* en México. *Revista Mexicana de Micología* 4:185-200.

Vite-Garín, T.M., J.L. Villarruel-Ordaz y J. Cifuentes-Blanco. 2006. Contribución al conocimiento del género *Helvella* (Ascomycota: Pezizales) en México: descripción de especies poco conocidas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:143-151.

Zamora E., V. 2006. *Inventario de hongos silvestres comestibles de la comunidad El Aguacate Sur municipio de Tancítaro, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Conocimiento etnomicológico de los macromicetos

MARIANO TORRES GÓMEZ, MARLENE GÓMEZ PERALTA, VITALINA ZAMORA EQUIHUA Y VÍCTOR MANUEL GÓMEZ REYES

Los grupos étnicos representan 3.5% de la población estatal. De acuerdo con el número de personas que hablan una lengua indígena, y con el porcentaje que representan del total de esta población, el grupo mejor representado es el purépecha (83.1%), seguido por el nahua (6.5%) y el mazahua (3.9%; INEGI 2009). En estos grupos existe un acervo de conocimientos relacionado con los recursos naturales, entre ellos los hongos. El conocimiento etnomicológico en el estado ha sido documentado por los purépechas (Mapes *et al.* 1981, Díaz-Barriga 1992, Zamora 2006, Torres 2008) y los mazahuas (Aniceto 1985, Gómez-Reyes *et al.* 2005, Farfán *et al.* 2007, Cruz 2009), mientras que para los nahuas no hay información al respecto (cuadro 1).

Los purépechas definen a los hongos como *echeri uetsikuaro enganaka* (nacido de la tierra o flor de tierra), afín al significado de *fungi* en latín (Mapes *et al.* 1981), y los consideran un grupo distinto a las plantas y animales (*terékuicha*, en plural; *terékua*, en singular). Los hongos que no son útiles o que se consideran tóxicos se denominan *jerámbterékua*, que significa hongos malos. Para los mazahuas los hongos también constituyen un reino: *Cjoójó*, término utilizado para hongo (Farfán *et al.* 2007).

La nomenclatura purépecha y mazahua es binominal, así como la científica. Por ejemplo: *Amanita caesarea* en mazahua es conocida como *kishimo cjoójó*, que significa hongo de jitomate (Farfán *et al.* 2007), mientras que los purépechas la nombran *tiripiti terekua*, es decir, hongo amarillo (Mapes *et al.* 1981).

El uso de contracciones en su lengua es una práctica muy común en los grupos étnicos; por ejemplo, los jóvenes mazahuas usan el término *cje*, probablemente como una contracción de *cjoójó* (hongo), como en el caso del hongo azul (*Lactarius indigo*) llamado *cjeb'atsiji*, y *Ramaria* spp. llamado *cjenguatssi'l* (hongo patas de pájaro; Farfán *et al.* 2007).

En algunos casos se ha perdido la nomenclatura binomial y los nombres se están transformando a nominales; en la meseta purépecha las personas mayores nombran a *Amanita caesarea*, *kukúchikua terékua*, mientras que los jóvenes la llaman *kukuchicua* (Gómez-Reyes 2014). Por otra parte, tanto los purépechas que aún conservan su lengua, como los mestizos de zonas purépechas y los mazahuas reconocen (en su lengua o castellanizados) las diferentes partes de los macromicetos más comunes, de acuerdo con la figura 1.

En relación al conocimiento de especies útiles, destaca el que se tiene sobre las especies comestibles. Con base en diferentes investigaciones, Ruiz-Quintana (2012) registró 122 especies de uso comestible en el estado, entre las que se pueden mencionar las trompas de puerco (*Hypomyces lactifluorum*) y huachas (*Lyophyllum* spp.), además se registra la riqueza lingüística, con 241 nombres comunes en español, 99 en mazahua y 64 en purépecha (figura 2).

CUADRO 1. Riqueza de especies relacionadas con el conocimiento etnomicológico.

Grupo indígena	Referencias	Localidad	Especies citadas	Especies comestibles	Especies medicinales
Purépecha	Mapes *et al.* 1981	Cuenca del lago de Pátzcuaro	134	43	5
	Díaz-Barriga 1992	Pátzcuaro	89	63	0
	Zamora 2006	El Aguacate, Tancítaro	16	2	0
	Torres 2008	Arantepacua, Nahuatzen	16	14	0
Mazahua	Aniceto 1985	Crescencio Moreles, Zitácuaro	71	13	0
	Gómez-Reyes *et al.* 2005	Nicolás Romero, Zitácuaro	42	23	0
	Farfán *et al.* 2007	Francisco Serrato, Zitácuaro	31	31	0
	Cruz 2009	Francisco Serrato y Crescencio Morales, Zitácuaro	83	71	0

Fuente: elaboración propia.

Torres-Gómez, M., M. Gómez-Peralta, V. Zamora-Equihua y V.M. Gómez-Reyes. 2019. Conocimiento etnomicológico de los macromicetos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 63-65.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

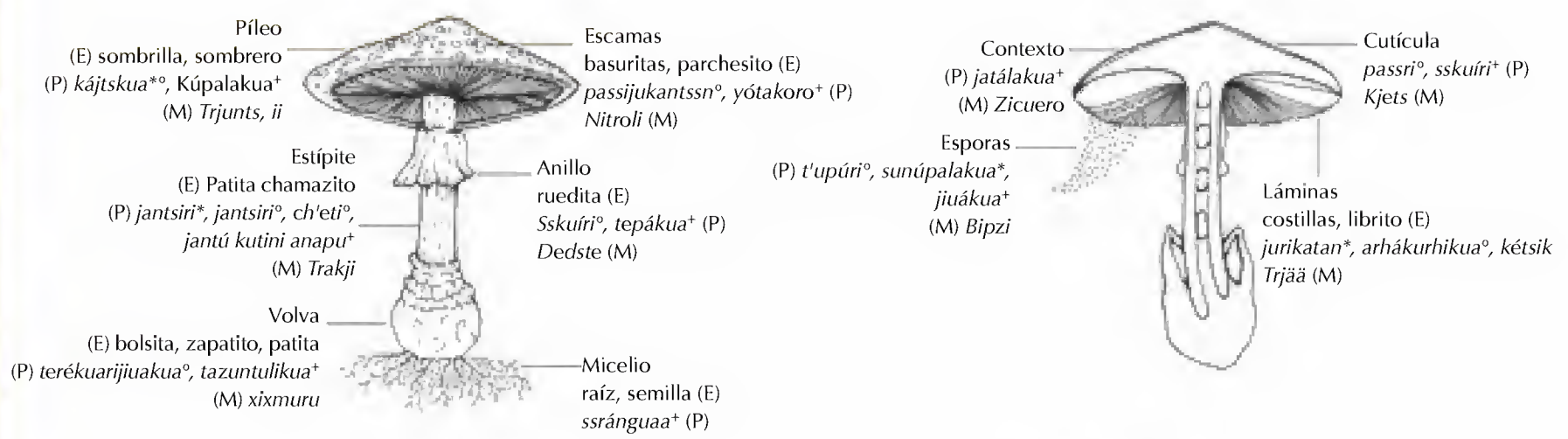


FIGURA 1. Nombres de las estructuras de los hongos. En primer lugar se menciona el término técnico, seguido de los nombres comunes: en español (E) según Zamora (2006); en purépecha (P) según (*) Mapes *et al.* (1981), (°) Díaz-Barriga (1992), (+) Torres (2008); y en mazahua (M) según Cruz (2009). Fuente: elaborada por Mario Gómez Narváez.

FIGURA 2. Comercialización: a) trompas de puerco (*Hypomyces lactifluorum*), b) *huachas* (*Lyophyllum* spp.) en los mercados locales de Paracho y Patamban, respectivamente. Fotos: Marlene Gómez Peralta y Víctor Manuel Gómez Reyes.

El uso medicinal de los hongos ha sido poco documentado en la entidad (cuadro 1). En la cuenca del lago de Pátzcuaro, Mapes *et al.* (1981), señalan que el huitlacoche (*Ustilago maydis*) o *t'ukuru*, en purépecha, es útil para combatir granos, rozaduras y quemaduras, mientras que *Calvatia cyathiformis* o *patarata*, en purépecha, se utiliza como cicatrizante (figura 3).

Acerca del uso ritual, Mapes *et al.* (1981) hacen mención de un hongo de piedra encontrado en la zona arqueológica de Tzintzuntzan, que representa un botón (fase juvenil) de *Amanita muscaria*, que sugiere un uso similar al documentado para los mayas y grupos culturales europeos y asiáticos, en los que esta especie fue un elemento ritual importante.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. El hongo *Calvatia cyathiformis* o *patarata* era utilizado por los purépechas como cicatrizante. Foto: Víctor Manuel Gómez Reyes.

Debido a que sólo se cuenta con datos de algunas regiones del estado, es necesario realizar trabajos más detallados para recuperar y conservar el conocimiento etnomicológico de las comunidades indígenas poseedoras de un acervo cultural único, haciendo hincapié en aquellas comunidades en donde se desconoce el uso de los hongos, como es el caso de las nahuas.

Otra acción para conservar el acervo cultural sobre este grupo es la difusión del conocimiento y riqueza de los hongos, tarea que ha realizado por más de 25 años la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través del Museo de Historia Natural Manuel Martínez Solórzano y la Facultad de Biología. Asimismo, en el municipio de Senguio, la comunidad, junto a Michoacán Produce, A.C., han tenido la iniciativa de mostrar la riqueza de los macromicetos de los bosques del oriente del estado mediante la feria del hongo (véase Hongos macromicetos, en esta obra).

REFERENCIAS

Aniceto C., E. 1985. *Los hongos en la región mazahua*. Cuaderno 23. Unidad Regional Michoacán. Dirección General de Culturas Populares/Secretaría de Educación Pública (SEP). Michoacán.

Cifuentes, J., M. Villegas, L. Pérez-Ramírez *et al.* 1990. Observaciones sobre la distribución, hábitat e importancia de los hongos de Los Azufres, Michoacán. *Revista Mexicana de Micología* 6:133-149.

Cruz A., J. 2009. *Conocimiento tradicional de los nombres de los hongos en la región mazahua de Zitácuaro, Michoacán, México*. Memoria de titulación. Facultad de Biología-UMSNH, Michoacán.

Díaz-Barriga, H. 1992. *Hongos comestibles y venenosos de la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán*. UMSNH/Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM)/Instituto de Ecología, A.C., México.

Farfán, B., A. Casas, G. Ibarra-Manríquez y E. Pérez-Negrón. 2007. Mazahua ethnobotany and subsistence in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Economic Botany* 61:173-191.

Gómez-Reyes, V.M., M. Gómez-Peralta y Z. Ortega Varela. 2005. Hongos silvestres comestibles de la comunidad indígena de Nicolás Romero, municipio de Zitácuaro, Michoacán. *Biológicas* 7:31-38.

Gómez-Reyes, V.M. 2014. *Micocenosis del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, México*. Tesis doctoral. Universidad de León, España.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Perfil sociodemográfico de la población que habla lengua indígena*. En: *<http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/poblacion_indigena/leng_indi/PHLI.pdf>*, última consulta: enero de 2013.

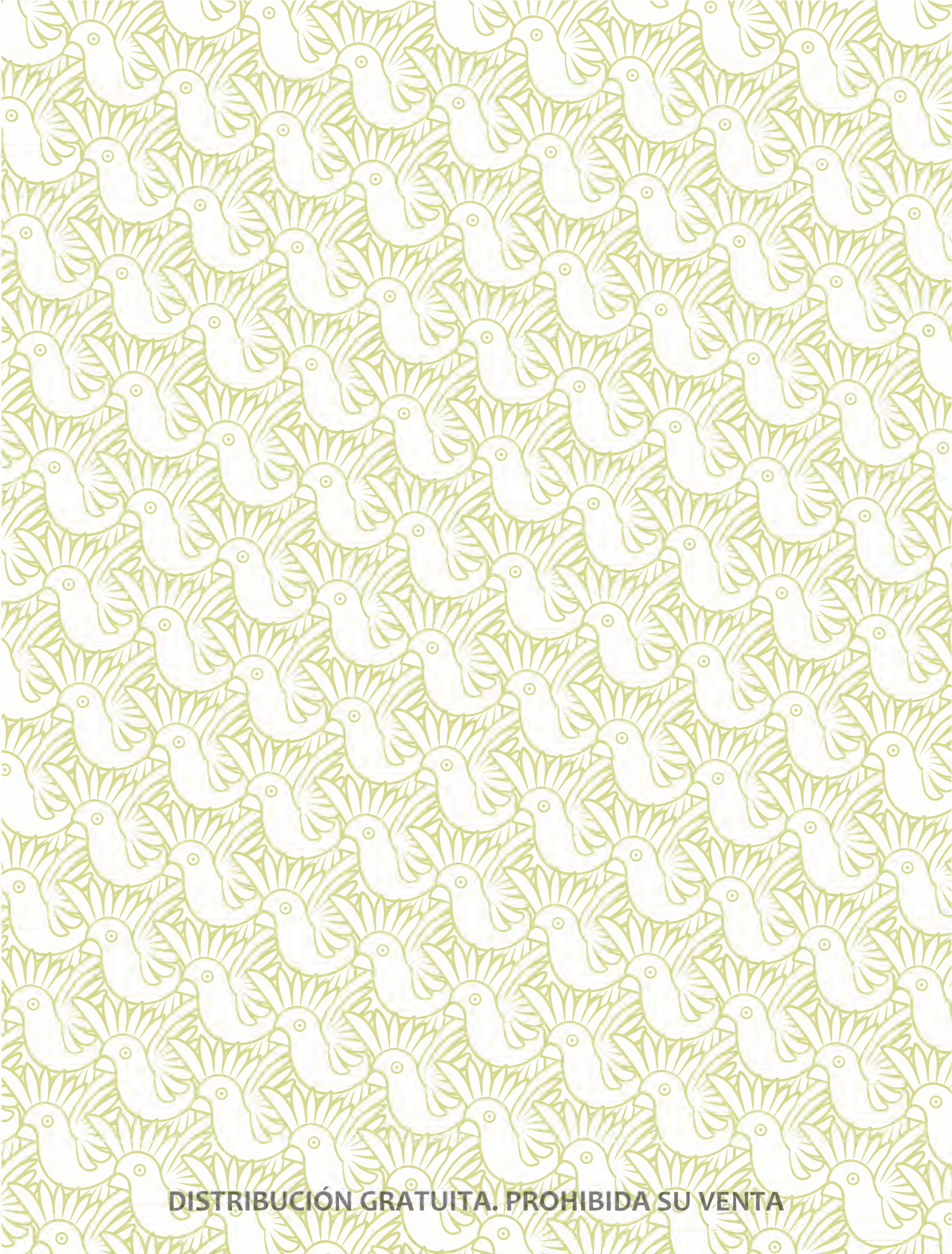
Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero. 1981. *Etnomicología purépecha. El conocimiento y uso de los hongos en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán*. Dirección General de Culturas Populares/Sociedad Mexicana de Micología, A.C., México.

Ruiz-Quintana, B.A. 2012. *Diversidad de hongos silvestres comestibles del estado de Michoacán*. Memoria de titulación. Facultad de Biología-UMSNH, Michoacán.

Torres G., M. 2008. *Conocimiento y uso popular de macromicetos silvestres en la comunidad de Arantepacua, municipio de Nahuatzent, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Zamora E., V. 2006. *Inventario de hongos silvestres comestibles de la comunidad El Aguacate Sur municipio de Tancítaro, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Trufas y seudotrufas: hongos que crecen debajo de la tierra

VÍCTOR MANUEL GÓMEZ REYES Y GONZALO GUEVARA GUERRERO

Las trufas y seudotrufas son hongos hipogeos; es decir, que desarrollan sus estructuras reproductoras (cuerpos fructíferos) entre la hojarasca, cerca de la superficie del suelo o de manera subterránea (Pegler *et al.* 1993, Maser *et al.* 2008, Hosaka *et al.* 2008, Trappe *et al.* 2009).

Estos hongos juegan un rol importante dentro del equilibrio dinámico de los ecosistemas forestales, debido a que forman parte de la dieta de gran número de animales. Cuando maduran las esporas, los cuerpos fructíferos emiten olores que son detectados por animales como ardillas, ratones, tlacuaches y venados, entre otros, quienes consumen esas estructuras y posteriormente dispersan las esporas a través de la defecación (Fogel y Trappe 1978, Maser *et al.* 2008). Además, la mayoría de los hongos hipogeos forman micorrizas, asociación presente en gran número de plantas gimnospermas y angiospermas, incluyendo las orquídeas, donde los organismos asociados reciben beneficios (Ouanphanivanh *et al.* 2008, Shefferson *et al.* 2008).

Las trufas pertenecen al *phylum* Ascomycota, mientras que las seudotrufas a los *phyla* Basidiomycota, Glomeromycota y Zygomycota. La diversidad del grupo se calcula entre 4 500 y 5 500 especies en el mundo, y se reportan 1 200 sólo para Norteamérica (Trappe *et al.* 2009). En México aún es escaso el conocimiento que se tiene acerca del grupo y, de acuerdo con Guzmán (2008), se han reportado cerca de 40 especies.

Entre los géneros de hongos hipogeos citados para la micobiota mexicana se encuentran: *Endogone* (Zigomycota), *Glomus* (Glomeromycota), *Elaphomyces*, *Genea*, *Geopora*, *Gilkeya*, *Hydnobolites*, *Mattirolomyces*, *Pachyphloeus* y *Tuber* (Ascomycota), *Gautieria*, *Hydnangium*, *Hymenogaster*, *Hysterangium*, *Leucogaster*, *Melanogaster*, *Octavianina*, *Radiigera*, *Rhizopogon* y *Schenella* (Basidiomycota; Trappe y Guzmán 1971, Trappe *et al.* 1979, Hosford y Trappe 1980, Cázares *et al.* 1992, Smith *et al.* 2006, Trappe y Cázares 2006, Cázares *et al.* 2008, Guevara-Guerrero *et al.* 2008*a*, *b*; Healy *et al.* 2009, Trappe *et al.* 2009, Kovács *et al.* 2011, Castellano *et al.* 2012).

Hasta hace algunos años se tenían registradas ocho especies de estos hongos para la entidad: en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal se reportan tres que corresponden al género *Rhizopogon* (*R. michoacanicus*, *R. ochraceorubens* y *R. subcaerulescens*), recolectadas en los municipios de Hidalgo y Uruapan (Trappe y Guzmán 1971, Hosford y Trappe 1980), tres especies de *Elaphomyces* (*E. aculeatus*, *E. maculatus* y *E. muricatus*) en los municipios de Uruapan, Morelia y Quiroga (Gómez-Reyes *et al.* 2012), *Hysterangium latisporum* recolectada en el municipio de Hidalgo (Guevara *et al.* 2008*a*) y más recientemente se reportó *Mattirolomyces spinosus* en el municipio de Aquila, en la región de la Sierra Madre del Sur (Kovács *et al.* 2011).

Es poco el conocimiento de los hongos hipogeos en el estado, por tal motivo y con la finalidad de incrementarlo, el Herbario de la Facultad de Biología de la UMSNH, en colaboración con el Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria iniciaron el estudio de ese grupo. Hasta el momento se ha trabajado en los municipios de Morelia, Quiroga y Uruapan, y en los últimos cuatro años se han recolectados 18 taxones, ocho correspondientes al *phylum* Ascomycota y 10 al Basidiomycota (datos sin publicar), de ellos los géneros mejor representados, en términos de riqueza de especies, son *Rhizopogon* y *Elaphomyces* (figuras 1 y 2).

FIGURA 1. *Rhizopogon rubescens* var. *ochraceus*. Foto: Víctor Manuel Gómez Reyes.

Así, en la entidad se han recolectado 12 géneros pertenecientes a ocho familias (cuadro 1). Los municipios mejor representados, en orden de mayor a menor

Gómez-Reyes, V.M. y G. Guevara-Guerrero. 2019. Trufas y seudotrufas: hongos que crecen debajo de la tierra. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 67-69.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. *Elaphomyces muricatus*. Foto: Víctor Manuel Gómez Reyes.

número de registros son: Uruapan, Morelia, Quiroga, Hidalgo, Nahuátzen y Aquila. Los tipos de vegetación que se han explorado son los bosques de pino-encino, encinares, bosque mesófilo de montaña, que en su mayoría se distribuyen en el Sistema Volcánico Transversal, y en el bosque tropical caducifolio que se encuentra en la Sierra Madre del Sur. Los taxones recolectados se han hallado en posible asociación con especies de árboles de los géneros: *Abies*, *Clethra*, *Carpinus*, *Pinus*, *Quercus*, *Ficus*, *Enterolobium* y *Acacia*.

Hasta el momento no hay registro de usos de esas especies en la entidad, sin embargo, existen reportes de uso ceremonial y medicinal de especies del género *Elaphomyces* para el Estado de México y Oaxaca (Trappe y Guzmán 1971, Trappe *et al.* 1979).

Es importante destacar el papel que juegan estos hongos en los ecosistemas y el escaso conocimiento

CUADRO 1. Hongos hipogeos recolectados en la entidad.

Phylum	Orden	Familia	Género	Referencias
Ascomycota	Eurotiales	Elaphomycetaceae	*Elaphomyces*	Gómez-Reyes *et al.* 2012
	Pezizales	Pyronemataceae	*Genea**	
			*Genebea**	
		Pezizaceae	*Hydnobolites**	
			*Pachyphloeus**	
			Mattirolomyces	Kovács *et al.* 2011
		Tuberaceae	*Tuber**	
Basidiomycota	Agaricales	Hymenogastraceae	*Hymenogaster**	
	Hysterangiales	Hysterangiaceae	*Aroramyces**	
			Hysterangium	Guevara *et al.* 2008*a*
	Boletales	Rhizopogonaceae	*Rhizopogon*	Trappe y Guzmán 1971, Hosford y Trappe 1980
	Phallales	Trappeaceae	*Trappea**	

*Estos taxa no se incluyen en el apéndice 13 debido a que se encuentran en proceso de revisión para su posterior publicación.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que se tiene de ellos, por lo que es necesario continuar con los inventarios y extender la exploración del grupo hacia otros municipios, regiones fisiográficas y tipos de vegetación. Además, hay que realizar estudios ecológicos para conocer la dinámica de las poblaciones y las relaciones de los hongos hipogeos con los animales (micofagia) y con las plantas con que habitan.

REFERENCIAS

Castellano, M.A., G. Guevara, J. García y J.M. Trappe. 2012. *Elaphomyces appalachensis* and *E. verruculosus* sp. nov. (Ascomycota Eurotiales, Elaphomycetales) from Eastern North America. *Revista Mexicana de Micología* 35:17-22.

Cázares, E., J. García Jiménez y J. Castillo. 1992. Hypogeous fungi from Northern Mexico. *Mycologia* 84:341-359.

Cázares, E., G. Guevara, J. García Jiménez y J.M. Trappe. 2008. *Melanogaster minysporus* sp. nov., a new sequestrate member of the Boletales from Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 28:67-69.

Fogel, R. y J.M. Trappe. 1978. Fungus consumption (mycophagy) by small animals. *Northwest Science* 52:1-31.

Gómez-Reyes, V.M., I.R. Hernández-Salmerón, A. Terrón y G. Guevara. 2012. Estudio taxonómico de *Elaphomyces* spp. (Ascomycta, Eurotiales, Elaphomycetaceae) de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Micología* 36:57-62.

Guevara-Guerrero, G., G. Bonito, E. Cázares *et al.* 2008*a*. *Tuber regimontanum*, new species of truffle from Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 26:17-20.

Guevara-Guerrero, G., M.A. Castellano, J. García Jiménez *et al.* 2008*b*. *Hysterangium* (Hysterangiales, Hysterangiaceae) from northern Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 28:95-100.

Guzmán, G. 2008. Análisis de los estudios sobre los macromycetes de México. *Revista Mexicana de Micología* 28:7-15.

Healy, R.A., G. Bonito y G. Guevara. 2009. The truffle genus *Pachyphloeus* in the U.S. and Mexico: phylogenetic analysis and a new species. *Mycotaxon* 107:61-71.

Hosaka, K., M.A. Castellano y J.W. Spatafora. 2008. Biogeography of Hysterangiales (Phallomycetidae, Basidiomycota). *Mycological Research* 112:448-462.

Hosford, D.R. y J.M. Trappe. 1980. Taxonomic studies on the genus *Rhizopogon*, II. Notes and new records of species from Mexico and Caribbean countries. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 14:3-15.

Kovács, G.M., J.M. Trappe, A.M. Alsheikh *et al.* 2011. *Terfezia* disappears from the American truffle mycota as two new genera and *Mattirolomyces* species emerge. *Mycologia* 103:831-840.

Maser, C., A.W. Claridge y J.M. Trappe. 2008. *Trees, truffles, and beasts, how forest function*. Rutgers University Press, EUA.

Ouanphanivanh, N., Z. Merényi, A.K Orczán *et al.* 2008. Could orchids indicate truffle habitats? Mycorrhizal association between orchids and truffles. *Acta Biologica Szegediensis* 52:229-232.

Pegler, D.N., B.M. Spooner y T.W.K. Young. 1993. *British truffles. A revision of british hypogeous fungi*. The Royal Botanic Gardens, Gran Bretaña.

Shefferson, R.P., T. Kull y K. Tali. 2008. Mycorrhizal interactions of orchids colonizing estonian mine tailings hills. *American Journal of Botany* 95:156-164.

Smith, M.E., J.M. Trappe y D.M. Rizzo. 2006. *Genea*, *Genabea* and *Gilkeya gen. nov.*: ascomata and ectomycorrhiza formation in a *Quercus* woodland. *Mycologia* 98:699-716.

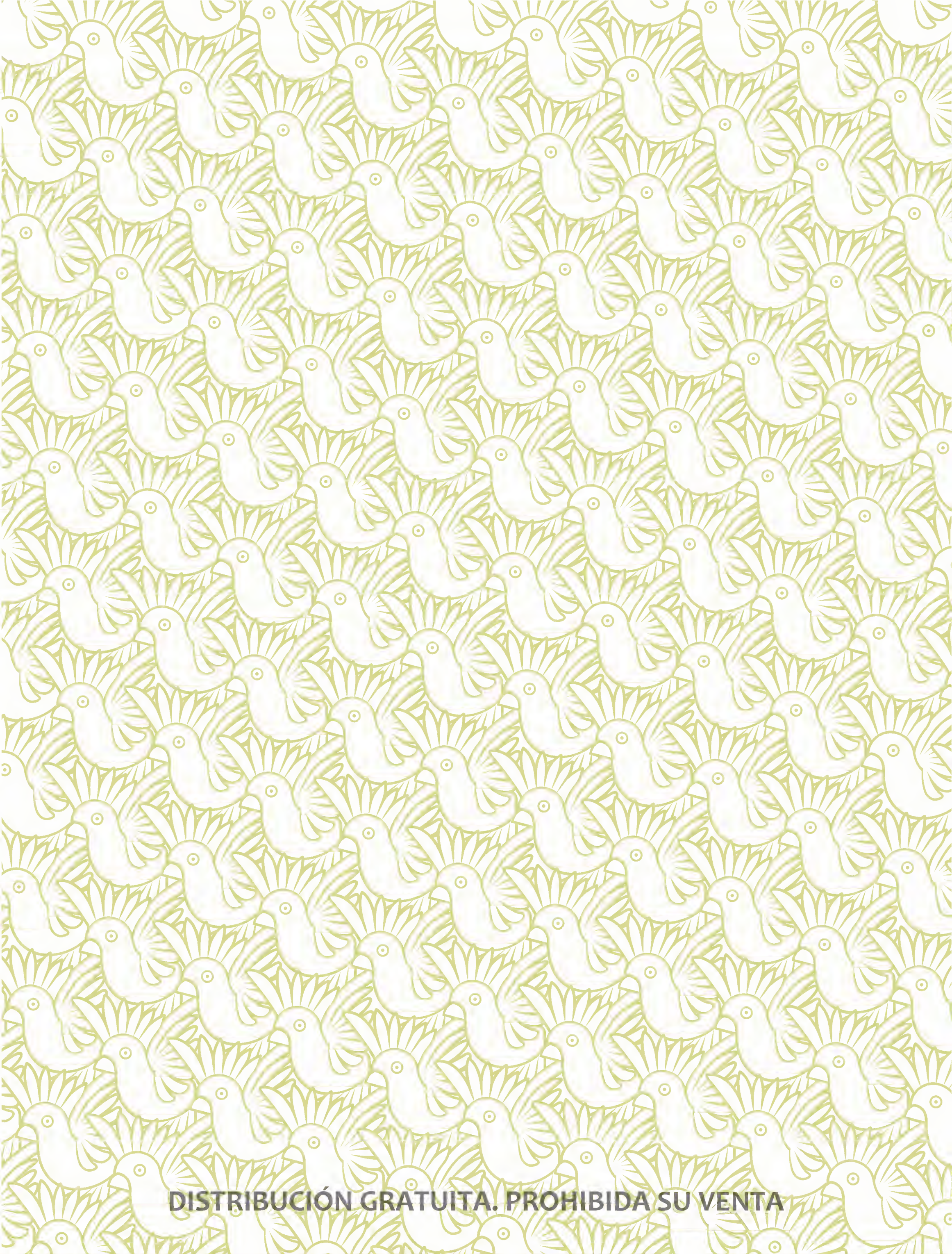
Trappe, J.M. y E. Cázares. 2006. *Tuber guzmanii*, a new truffle from southern México. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 8:279-282.

Trappe, J.M. y G. Guzmán. 1971. Notes on some hypogeous fungi from Mexico. *Mycologia* 63:317-332.

Trappe, J.M., G. Guzmán y C. Vázquez-Salinas. 1979. Observaciones sobre la identificación, distribución y usos de los hongos del género *Elaphomyces* en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:145-150.

Trappe, J.M., R. Molina, D.L. Luoma *et al.* 2009. *Diversity, ecology, and conservation of truffle fungi in forests of the pacific northwest*. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. EUA.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Algas adheridas a sustrato en ecosistemas acuáticos (perifiton)

MARÍA DEL ROSARIO ORTEGA MURILLO, MARBELLA ARREDONDO OJEDA, REYNA ALVARADO VILLANUEVA, MARISOL MARTÍNEZ MARTÍNEZ Y JUAN DIEGO SÁNCHEZ HEREDIA

DESCRIPCIÓN

En los ecosistemas acuáticos existen diversas comunidades de organismos que interactúan entre sí y con el medio ambiente. Una de esas comunidades es el perifiton. A dicho gremio se le han atribuido diferentes nombres, hay uno derivado del vocablo alemán *aufwuchs* (que significa crecimiento excesivo o en la superficie) e incluye comunidades de microorganismos que se desarrollan sobre un sustrato vivo (pueden ser diatomeas, algas verdes o euglenoideos; McMahon *et al.* 1974). Montoya y Ramírez (2007) mencionan que también se les puede conocer como biofilm o biopelícula, y asimismo se refiere al agregado de microorganismos asociados a un sustrato.

El perifiton es considerado un derivado del bentos (comunidad de organismos que viven en el fondo de los ecosistemas acuáticos) y está integrado por diversa microbiota (algas, bacterias, hongos y animales); en términos generales se refiere a los organismos que se encuentran adheridos a algún tipo de sustrato natural (plantas, rocas, suelo) o artificial (plástico, vidrios, telas; Darley 1987, Wetzel 2001; figura 1).

FIGURA 1. El perifiton adherido a un sustrato artificial, en el lago cráter alberca de Teremendo. Foto: Octavio Vásquez Jarquín.

Ortega Murillo, M.R., M. Arredondo O., R. Alvarado-Villanueva, M. Martínez-Martínez y J.D. Sánchez Heredia. 2019. Algas adheridas a sustrato en ecosistemas acuáticos (perifiton). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 71-77.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las algas que viven adheridas a algún sustrato en el litoral pueden llegar a formar un tapete o cubierta fangosa de color obscuro, y se utiliza el término de acuerdo al sustrato sobre el cual se desarrollan: 1) epifiton que viven sobre macrofitas acuáticas; 2) epixilon viven sobre madera sumergida; 3) epiliton, organismos que viven sobre rocas, guijarros o cantos rodados; 4) episámico viven adheridos a los sedimentos finos principalmente conformados por lodos o arena y; 5) epipelon organismos adheridos al sedimento fino (Darley 1987 y Wetzel 2001). Las algas que componen al perifiton incluyen gran diversidad de organismos que varían de tamaño, carecen de hojas, raíces y tallos (talofitas) y no cuenta con tejidos de conducción (xilema y floema) por lo que se consideran no vasculares (Darley 1987).

DIVERSIDAD

De las algas se conocen los siguientes grupos: algas azulverdes (Cyanobacterias), euglenoides (Euglenozoa), dinoflagelados (Dinophyta), criptomónidos (Cryptophyta), ocrofita (Ochrophyta), haptofitas (Haptophyta), algas verdes (Chlorophyta) y carofíceas (Charophyta; Darley 1987, Solomon *et al.* 2001).

El grupo de las algas ha experimentado múltiples cambios en los niveles altos de la taxonomía (división). Forman parte de dos dominios: Monera en el reino Eubacteria (Cyanobacterias) y Eukaria que abarca tres reinos: 1) Monera en el reino Eubacteria (Cyanobacteria); 2) Chromista que abarca cinco divisiones (Bacillariophyta, Ochrophyta, Cryptophyta, Haptophyta y Dinophyta); y 3) Plantae que abarca dos divisiones (Chlorophyta y Charophyta; Solomon *et al.* 2001, Guiry 2013).

En el cuadro 1 se muestra la diversidad de especies de algas en el mundo (Cavalier-Smith 2004, Guiry 2013) y los trabajos realizados en el Laboratorio de Biología Acuática por Arredondo Ojeda (2008), Martínez García (2009), Ortega Murillo 2002, Ortega Murillo *et al.* 2009, Vásquez Jarquín (2012), Aguilar Gómez (2012), Martínez Martínez (2013) y Morales Guido (2013), detectando que falta mucho por estudiar en Michoacán sobre la diversidad de especies del perifiton.

Desde 1997 el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz, de la Facultad de Biología de la UMSNH, ha realizado estudios sobre las comunidades del perifiton en diferentes cuerpos de agua: río Cupatitzio, lago cráter alberca de Tacámbaro (en la provincia Depresión del Balsas-Tepalcatepec); lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo, laguna de Zacapu,

CUADRO 1. La riqueza especifica mundial (Guiry 2013) y en Michoacán.

División	Especies en el mundo	Especies en Michoacán
Cyanobacteria	3 665	96
Euglenozoa	1 211	35
Cryptophyta	165	1
Miozoa	3 031	4
Bacillariophyta	13 585	207
Ochrophyta	3 804	7
Haptophyta	389	1
Chlorophyta	4 904	148
Charophyta	34 482	62
Total	**65 236**	**561**

Fuente: elaboración propia con datos de Arredondo Ojeda 2008, Martínez García 2009, Ortega Murillo *et al.* 2009, 2010, Aguilar Gómez 2012, Vázquez Jarquín 2012, Martínez Martínez 2013, Morales Guido 2013.

CUADRO 2. Riqueza taxonómica del perifiton en diversos cuerpos de agua del estado.

Cuerpo de agua	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Var.	Referencias
Lago de Pátzcuaro	6	8	19	32	60	126		Arredondo Ojeda 2008
Laguna de Zacapu	6	11	26	44	60	125		Martínez García 2009
Lago de Cuitzeo	6	10	28	52	90	179		Ortega Murillo 2002, Ortega Murillo *et al.* 2009
Alberca de Teremendo	8	11	24	43	66	129	9	Vásquez Jarquín 2012
Río Cupatitzio	6	11	30	54	72	176	22	Aguilar Gómez 2012
Alberca de Tacámbaro	7	14	34	57	87	167	6	Martínez Martínez 2013
Alberca los Espinos	6	9	20	40	51	77	7	Morales Guido 2013

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

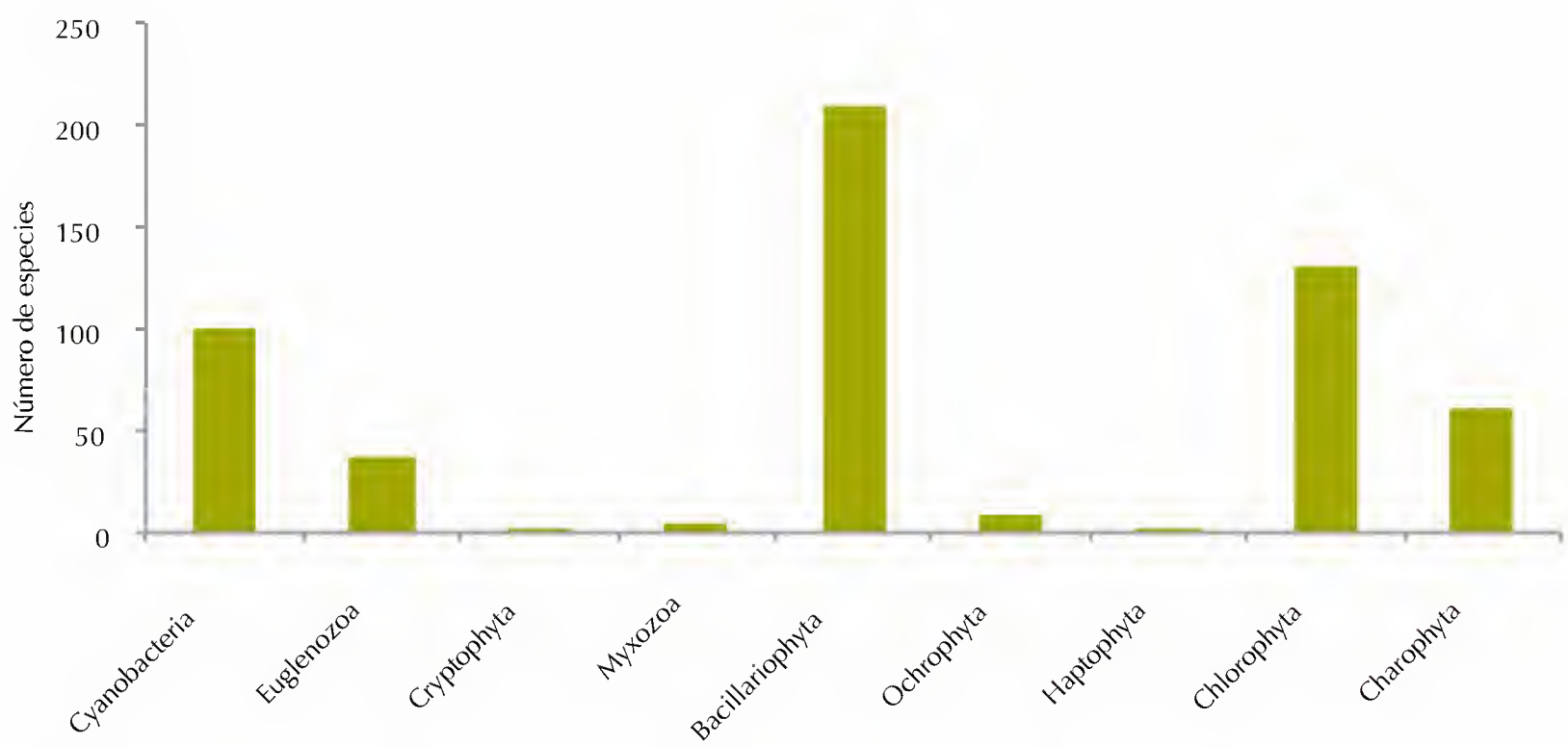


FIGURA 2. Número de especies por división del perifiton. Fuente: elaboración propia con datos de Arredondo Ojeda 2008, Martínez García 2009, Ortega Murillo *et al.* 2009, 2010; Vásquez Jarquín 2012, Aguilar Gómez 2012, Martínez Martínez 2013, Morales Guido 2013.

lagos cráter alberca de Teremendo y de los Espinos (ubicados en la provincia Sistema Volcánico Transversal; cuadro 2).

En el apéndice 14 se muestran los resultados taxonómicos obtenidos de las especies en siete cuerpos de agua, en los que se determinaron 630 especies de las cuales 561 están identificadas, correspondientes a 235 géneros, 103 familias, 52 órdenes, 19 clases, nueve divisiones y 22 infraespecies.

La mayor riqueza de especies de algas se encontró dentro de la división Bacillariophyta (figura 2, cuadro 1), con 207 especies, en este taxón se encuentran las diatomeas (clase Bacillariophyceae), que sobresalen en la mayoría de los cuerpos de agua y en una gran variedad de hábitats (rocas, vegetación acuática, plástico, madera muerta, vidrio, así como unisel), mientras que las divisiones de menor diversidad de especies fueron Cryptophyta (criptomónidos) y Haptophyta (cocolitofóridos).

DISTRIBUCIÓN

Darley (1987) comenta que la comunidad de algas perifíticas se localiza en áreas donde los movimientos del agua pueden ser fuertes o lentos, en la parte del litoral principalmente, y que dichos organismos desarrollan varios mecanismos de fijación: (I) filamentos postrados que soportan a su vez filamentos erectos ramificados (*Stigeoclonium*); (II) extensiones rizoidales (*Cladophora*); (III) pie de fijación indiferenciado no ramificado (*Ulothrix* y *Oedogonium*); (iv) secreciones en forma de cojín, pedúnculo o tubo gelatinoso, como muchas diatomeas pennadas (*Navicula, Nitzschia, Gomphonema*, entre otras; Round *et al.* 2000).

La distribución depende, en primer término, del sustrato a colonizar, pero también del ambiente, considerando la intensidad de la luz, el flujo de la corriente, la temperatura y los nutrimentos (fosfatos), además de los aspectos biológicos como el ramoneo de los organismos herbívoros y la competencia entre las especies, entre otros (Darley 1987).

Michoacán cuenta con cinco provincias fisiográficas y solamente se han efectuado estudios en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec (río Cupatitzio y lago cráter alberca de Tacámbaro) y en el Sistema Volcánico Transversal (lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo, lagos cráter alberca de los Espinos y de Teremendo, y en la laguna de Zacapu); faltan aún por estudiar tres provincias.

En el apéndice 14 se presentan las especies registradas en cada cuerpo de agua y provincia estudiados en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz. En la Depresión del Balsas-Tepalcatepec se identificaron 290 especies, mientras que en el Sistema Volcánico Transversal fueron identificadas 417 especies.

En el cuadro 3 se muestra la distribución de las microalgas adheridas en los diferentes sustratos en los cuerpos de agua. El lago de Cuitzeo presentó la mayoría de los sustratos (8), mientras que en el lago de Pátzcuaro y lago cráter alberca de Teremendo se presentan los valores más bajos (5).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Distribución de las algas del perifiton en los diferentes sustratos y cuerpos de agua.

Cuerpo de agua	Planta	Algas	Madera	Roca	Plástico	Unisel	Vidrio	Aluminio	Tela	Referencias
Río Cupatitzio	•	•	•	•	•	•				Aguilar Gómez 2012
Lago de Tacámbaro	•		•	•	•	•	•			Martínez Martínez 2013
Lago de Cuitzeo	•	•	•	•	•	•	•		•	Ortega Murillo 2002, Ortega Murillo *et al.* 2009
Lago de Pátzcuaro	•		•	•	•			•		Arredondo Ojeda 2008
Alberca los Espinos	•		•	•	•	•	•			Morales Guido 2013
Alberca de Teremendo	•		•	•	•		•			Vásquez Jarquín 2012
Laguna de Zacapu	•		•	•	•	•		•		Martínez García 2009

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

El perifiton juega un papel ecológico relevante en la red alimenticia acuática debido a que conforma el nivel de los productores primarios; además, las especies de dicho gremio desempeñan un importante papel biológico para la mayoría de los invertebrados y peces, ya que son creadoras de microhábitats (Rossell *et al.* 1982, Darley 1987).

Este ecosistema contribuye con más de 70% de la materia orgánica a la productividad total en los cuerpos de agua y, debido a su alta tasa de reciclaje, facilita abrigo y alimento a otros organismos.

Por tratarse de organismos con una alta sensibilidad a los cambios ambientales, juegan un importante papel como indicadores biológicos de la calidad y del estado trófico de los cuerpos de agua (Lowe 1974, De la Lanza-Espino *et al.* 2000, Roldán-Pérez y Ramírez-Restrepo 2008). También, desempeñan un interesante papel como reguladores del paso de nutrimentos entre los sustratos, sedimentos y el agua, hecho que favorece a otros organismos (Goldsborough y Robinson 1996, Novelo y Tavera 1999).

Asimismo, las algas del perifiton responden a las fluctuaciones internas de los cuerpos de agua y a las condiciones ambientales prevalecientes que afectan su distribución y abundancia, características relevantes

CUADRO 4. Especies indicadoras de la calidad del agua.

División	Especie	Indicador	Cuerpos de agua
Cyanobacteria	*Chroococcus dispersus*	Alta cantidad de nutrientes	Lago de Pátzcuaro, laguna de Zacapu, lagos cráter albercas de Tacámbaro, de Teremendo y los Espinos, y río Cupatitzio
	Oscillatoria limosa	Aguas con alta cantidad de nutrientes	Lago de Pátzcuaro, laguna de Zacapu, lagos cráter albercas de Tacámbaro, de Teremendo y los Espinos, y río Cupatitzio
Bacillariophyta	*Nitzschia palea*	Especie oportunista indicadora de contaminación por polución	Laguna de Zacapu, lagos cráter albercas de Tacámbaro, de Teremendo y los Espinos, y río Cupatitzio
	Sellaphora pupula	Contaminación por materia orgánica	Laguna de Zacapu, lagos cráter albercas de Tacámbaro, de Teremendo y los Espinos, y río Cupatitzio
	Aulacoseira granulata	En lagos turbios	Laguna de Zacapu, lagos cráter albercas de Tacámbaro, de Teremendo y los Espinos, y río Cupatitzio

Fuente: elaboración propia con datos de Ortega Murillo 2002, Arredondo Ojeda 2008, Martínez García 2009, Ortega Murillo *et al.* 2009, Vázquez Jarquín 2012, Aguilar Gómez 2012, Martínez Martínez 2013, Morales Guido 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

para conocer el estado trófico de los sistemas acuáticos (Allan 1995).

En el cuadro 4 se muestran las especies de algas encontradas en los estudios realizados en los cuerpos de agua de Michoacán, y que son indicadoras de la calidad del agua.

Las cianobacterias, aunque cosmopolitas son de ambiente extremo debido a su amplia capacidad de almacenar sustancias de reserva, además soportan sistemas acuáticos con valores altos de alcalinidad, altos contenidos de nitrógeno y fósforo, así como largos periodos de luz durante el día (Darley 1987, Scagel *et al.* 1987), todas ellas características que presentan los cuerpos de agua estudiados. Esas algas se localizaron en seis cuerpos de agua del estado (cuadro 4), y su presencia se atribuye a las condiciones ambientales existentes cuando se realizó el muestreo.

En el caso de Ochrophyta, donde se agrupan las diatomeas, Scagel *et al.* (1987), Wetzel (2001) y Round *et al.* (2000) mencionan que dicho grupo está ampliamente distribuido en diversos sustratos y ocurre con las diatomeas rafiadas (con fisura longitudinal de la célula).

Por su parte, *Sellaphora pupula* es indicadora de contaminación orgánica, mientras que *Aulacoseira granulata* vive en lugares turbios o con muchos sólidos disueltos, condiciones que prevalecen en los cuerpos estudiados. Por otro lado, *Nitzschia palea* es una especie oportunista que se adapta a cualquier ambiente.

Desde la época prehispánica ya se conocía a las algas, aunque se les nombraba de diferentes formas, por ejemplo, los aztecas consumían el *tecuitlatl,* que era un especie de limo que se localiza en algunos sitios del lago de Texcoco; se colectaba con redes o se apilaba con palas y era vendido en los mercados de esa época; ese limo estaba constituido de dos tipos de organismos: *Oscillatoria* (género de cianobacterias) y *Poligasta* (de diatomeas).

De las presas de Zumpango, Texcoco y Tláhuac se obtenía y consumía el *amoxtle* (*Nostoc commune*), junto con el cocolín (*Phormidiun tenue*). Del Estado de México, Tlaxcala, Jalisco y Michoacán se obtenía el *tizatlalli*, que se refería a los caparazones de las diatomeas y eran usados como medicina (Ortega *et al.* 1995).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

En el mundo y en México son escasos los trabajos realizados sobre las algas del perifiton (Pedroche *et al.* 2009, Novelo y Tavera 2011). De Fabricius (2000) menciona que los estudios de las comunidades algales deben partir del análisis de la estructura y el funcionamiento para caracterizar la cuenca donde se encuentran los cuerpos de agua, dichas variables biológicas deben ser analizadas de manera conjunta con otras de tipo físicoquímicas, microbiológicas y morfométricas, para conocer la calidad del agua del sistema acuático. Cabe mencionar que la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) no incluye especies del perifiton en alguna de las categorías de riesgo de extinción. Sin embargo, De Fabricius (2000), Pedroche *et al.* (2009), así como Novelo y Tavera (2011), llaman la atención para que se hagan más esfuerzos hacia la protección y conservación de los ambientes acuáticos, y a que los estudios estén enfocados en obtener el estatus ecológico de cada especie algal perifítica, lo que a su vez proveerá información sobre la salud biológica del sistema acuático, ya que cuanto mayor sea la diversidad de especies y poca la abundancia en un cuerpo de agua, esas aguas serán de mayor calidad.

En el estado existen zonas que han sido declaradas áreas naturales protegidas (ANP; SUMA 2003, 2005, 2009) y que incluyen algunos cuerpos de agua, tal es el caso de la barranca del Cupatitzio, donde se localiza el Parque Nacional, sitio en el que además de proteger a las especies y su hábitat se cuenta con personal dedicado al manejo de dicha área, debido a que se trata de una zona turística; sin embargo, los estudios de las algas adheridas han sido escasos y falta realizar análisis de los manantiales que existen en dicho sistema lacustre.

Por su parte, en los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro los humedales son considerados ANP o sitios Ramsar. Al lago de Pátzcuaro se le da manejo a través de los humedales (Cucuchucho, Erongaricuaro y Santa Fe) ya que se utilizan para regresar el agua al lago con una mejor calidad (Ayala Ramírez *et al.* 2008), mientras que el lago de Cuitzeo, desde 1994 ha sido considerado zona Ramsar con humedales, y es destinado para realizar investigación y conservación de aves migratorias; ello antecede a la propuesta de un acuerdo del Congreso de la Unión donde se le declaró área de restauración ecológica (Villaseñor Gómez 1994, Chacón Torres *et al.* 2007).

Con respecto a los lagos cráter albercas de los Espinos y de Tacámbaro, aunque son consideradas ANP no se conoce plan de manejo o acciones de conservación implementadas en ellos (Rendón *et al.* 2007, Marín Togo y Blanco García 2009).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

El manejo inadecuado de los desechos de las ciudades, de la agricultura, de la industria y de otras actividades antrópicas ha producido un fuerte deterioro ambiental, contaminando los sistemas lacustres y actuando sobre los organismos acuáticos, alterando sus interacciones competitivas, sobre todo en las algas, así como modificando su respuesta a esos cambios. Sumado a lo anterior está el hecho de que ese deterioro favorece la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

proliferación de organismos nocivos o tóxicos, lo que trae como consecuencia la pérdida acelerada de especies, motivo por el cual es urgente implementar acciones para la conservación de las algas, cuidar el ambiente donde se desarrollan y evitar la pérdida de la biodiversidad (Pedroche *et al.* 2009).

Algunas especies de algas se encuentran amenazadas, dicha aseveración tiene como base evidencias, ya que su hábitat o los cuerpos de agua donde habitan están siendo alterados y seriamente contaminados (Pedroche *et al.* 2009).

CONCLUSIONES

El perifiton es un gremio con alta importancia ecológica y económica que ha sido poco estudiado en el estado. Profundizar en el conocimiento de las especies que lo conforman es una tarea que requiere de mayores esfuerzos en la investigación. Es importante incrementar los estudios sobre esos organismos, sobre todo en las provincias fisiográficas en las que no se tienen registros (Llanura Costera, Sierra Madre del Sur y Altiplanicie), para obtener una aproximación de la biodiversidad de esas comunidades y tener un mejor entendimiento sobre la dinámica de los cuerpos de agua de Michoacán, lo anterior permitirá conocer o detectar especies indicadoras que pueden ser de gran ayuda para establecer acciones de conservación y recuperación de aquellos cuerpos de agua con problemas de contaminación.

Asimismo, hay que destacar que las algas son utilizadas en el biomonitoreo de los sistemas acuáticos y son de gran interés para estudios de gestión ambiental, debido a que pueden emplearse en programas de manejo y conservación de los sistemas acuáticos.

REFERENCIAS

Aguilar Gómez, M.E. 2012. *Caracterización de la comunidad de algas perifíticas en la subcuenca del río* Cupatitzio, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Allan, J.D. 1995. *Stream ecology: structure and function of running waters.* Kluwer Academic Publishers, Países Bajos.

Arredondo Ojeda, M. 2008. *Estado trófico del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México, con base en el perifiton, a excepción de Bacillariophyceae.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ayala Ramírez, G.L., A. Chacón Torres, M.B. Rendón López *et al.* 2008. *Memorias del VII Congreso Internacional, XIII Nacional y III Regional de Ciencias Ambientales.* México.

Cavalier-Smith, T. 2004. Only six Kingdoms of life the Royal Society. *Proceedings of the Royal Society Biological Science* 271:1251-1262.

Chacón Torres, A., C. Rosas Monge y J. Alvarado Díaz. 2007. El lago de Cuitzeo. En: *Las aguas interiores de México. Concepto y casos.* G. De la Lanza Espino y S. Hernández Pulido. AGT Editor, S.A., pp.305-338.

Darley, W.M. 1987. *Biología de las algas (enfoque fisiológico).* Limusa. México.

De Fabricius, A.L. 2000. Las algas, indicadores de la calidad del agua. *Interciencia.* UNRC, Río Cuarto 4(4).

De la Lanza-Espino, G., S. Hernández Pulido y J.L. Carvajal Pérez. 2000. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores).* Plaza y Valdés, México.

Goldsborough, L.G. y G.G.C. Robinson. 1996. Pattern in wetlands. En: *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems.* R.J. Stevenson, M.L. Bothwell y R.L. Lowe (eds.). Academic Press, EUA, pp. 77-117.

Guiry, M.D. 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. En: *<http://www.algaebase.org>,* última *consulta*: 28 de abril de 2014.

Lowe, R.L. 1974. *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms.* EPA Report # Epa-6704/74-005, Ohio.

Marín Togo, M.C. y A. Blanco García. 2009. *Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). México. La alberca los Espinos.* En: *<http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Michoacan/Alberca%20de%20los%20Espinos/LA_ALBERCA_DE_LOS_ESPINOS.pdf>,* última consulta 14 de marzo de 2017.

Martínez García, A.M. 2009. *El perifiton del humedal en la laguna de Zacapu, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Martínez Martínez, M. 2013. *Las microalgas* perifíticas *del litoral del lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

McMahon, R.F., R.D. Hunter y W.D. Russell-Hunter. 1974. Variation in aufwuchs at six freshwater habitat in term of carbon, biomass and carbon: nitrogen ratio. *Hydrobiológicas* 45:391-404.

Montoya M., Y. y J.J. Ramírez R. 2007. Variación estructural de la comunidad perifítica colonizadora de sustratos artificiales en la zona de ristral del río Medellín, Colombia. *Biology Tropical* 55:505-593.

Morales Guido, S. 2013. *Estudio del perifiton y determinación del nivel trófico en el lago cráter los Espinos, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Novelo, E. y R.L. Tavera. 1999. Algas y humedales de Quintana Roo. *Ciencias*: 55-56.

——. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológicas* 21(3):333-341.

Ortega, M.M., J.L. Godínez, G. Garduño S. y M.G. Oliva M. 1995. *Ficología de México. Algas continentales.* AGT Editor, S.A., México.

Ortega Murillo, M.R. 2002. Evolución del lago de Cuitzeo en los últimos Ca 18 000 años a.p. con base en el análisis de las diatomeas del presente y pasado. Tesis de maestría. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, R. Hernández-Morales *et al.* 2009. El perifiton de un lago hiposalino hipereutrófico en Michoacán, México. *Biológicas* 11:56-63.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, R. Hernández Morales y J.D. Sánchez Heredia. 2010. Evolución trófica de un lago hiposalino en México con base al fitoplancton. *Biológicas* 12(2):75-81.

Pedroche F., F., A. Sentíes Granados, E. Novelo y M.E. Meave del Castillo. 2009. Algas. Pasado, presente y futuro en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

México. En: *Cosmo. Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México. Tomo II. Ciencias Biológicas*. J. Ramírez Pulido (ed.), Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa/CONACYT/Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, México, pp. 55-69.

Rendón López M., A. Chacón Torres y M.J. Rendón. 2007. El lago cráter alberca de los Espinos, Villa Jiménez, Michoacán. En: *Las aguas interiores de México. Concepto y casos*. G. De la Lanza Espino y S. Hernández Pulido. AGT Editor, S.A., México, pp. 287-301.

Roldán-Pérez, G. y J.J. Ramírez-Restrepo. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia, Colombia.

Round, F.E., R. Crawford M. y D. Mann G. 2000. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambrigde University Press, Gran Bretaña.

Rossell, V.A., J. González H., J.J. Del Toro A. y M. Galván G. 1982. *Manual de técnicas de muestreo y análisis del plancton y perifiton*. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

Scagel, R.F., R.J., Bandoni, J.R. Maze *et al*. 1987. *El reino vegetal*. Omega, Barcelona.

Solomon, E.P., L.R. Berg y D.W. Martín. 2001. *Biología*. McGraw-Hill Interamericana, México.

SUMA. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 2003. Decreto administrativo. Se declara área natural protegida, con el carácter de zona de preservación ecológica, el lugar conocido como "La alberca de los Espinos", ubicado en el municipio de Jiménez, Michoacán. Publicado el 14 de marzo de 2003 en el POE. Texto vigente.

——. 2005. Decreto que declara área natural protegida al sitio conocido como "Cerro hueco" y "La alberca" del municipio de Tacámbaro, Michoacán de Ocampo. Publicado el 28 de enero de 2005 en el POE. Texto vigente..

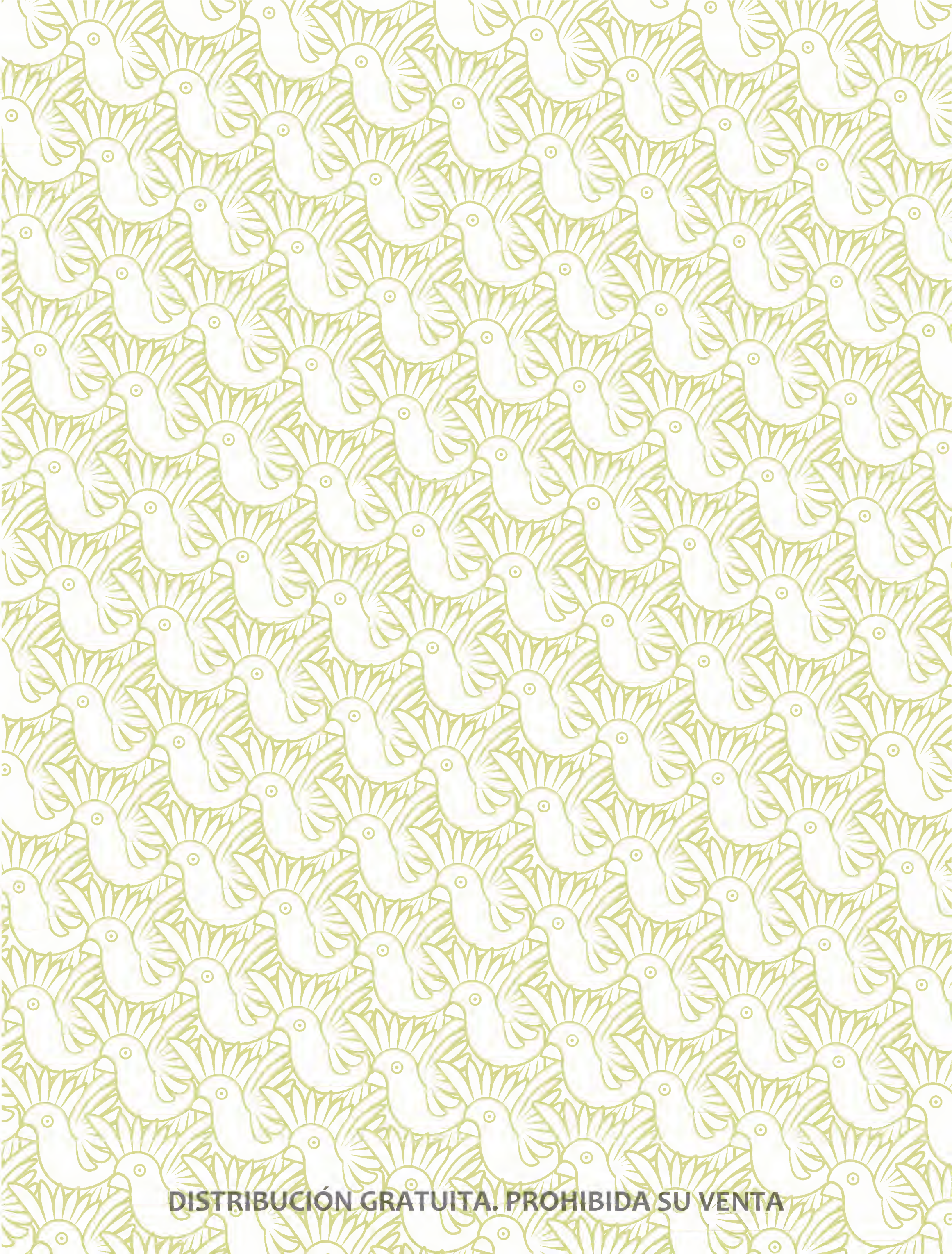
——. 2009. Decreto que declara áreas naturales protegidas, a 30 zonas para Michoacán. Abril 14 de 2009.

Vásquez Jarquín, O. 2012. *Algas perifíticas del litoral del lago cráter alberca de Teremendo, municipio de Morelia, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Villaseñor Gómez, L.E. 1994. Avifauna terrestre y acuática del lago de Cuitzeo. *Ciencia Nicolaita* 6:48-60.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology*. Academic Press, California.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El plancton de agua dulce

MARÍA DEL ROSARIO ORTEGA MURILLO, REYNA ALVARADO VILLANUEVA, JUAN DIEGO SÁNCHEZ HEREDIA, ARCADIO ANTONIO MUÑOZ GAYTAN Y RUBÉN HERNÁNDEZ MORALES

DESCRIPCIÓN

Los cuerpos acuáticos epicontinentales son sistemas de agua dulce y salobre, y pueden ser lénticos (lagos, lagunas, estanques y presas) o lóticos (ríos, arroyos y manantiales, entre otros); dichos ecosistemas lacustres albergan una amplia variedad de formas de vida (Margalef 1983, Wetzel 2001).

El plancton es una asociación de microorganismos –que van desde unos cuantos micrones hasta pocos milímetros–, que se encuentran suspendidos en el agua (Reynolds 1984, González 1988). Pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de nutrición: vegetal o fitoplancton y animal o zooplancton (Margalef 1983, Wetzel 2001). El fitoplancton (figura 1) se refiere al ensamble de organismos microscópicos, conformado por algas, principalmente unicelulares, que en su mayoría son denominadas foto-autotróficas debido a que realizan el proceso de fotosíntesis, y algunas heterótrofas, llamadas así ya que requieren de alimentos elaborados para su nutrición (Margalef 1983, Wetzel 2001).

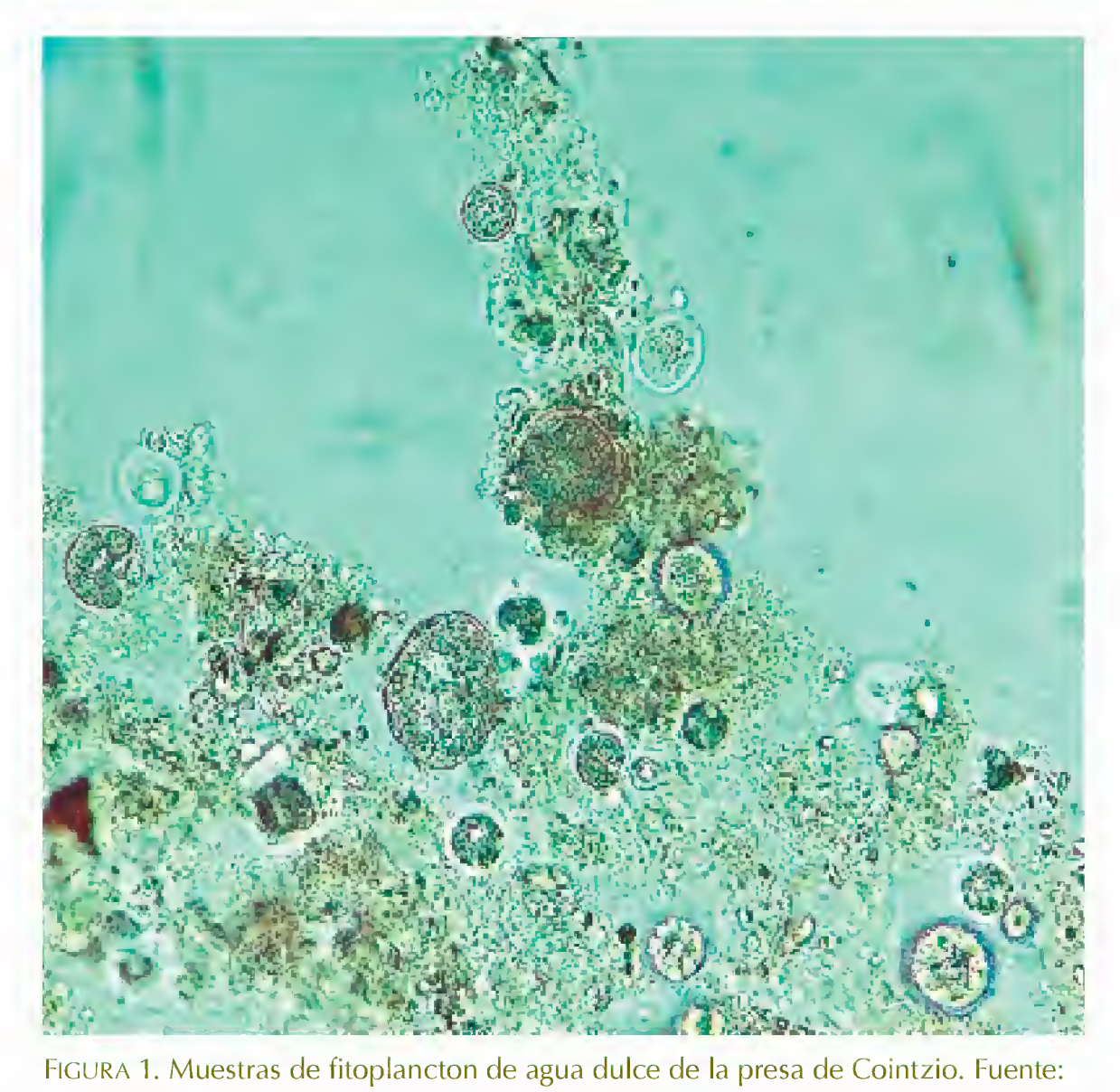


FIGURA 1. Muestras de fitoplancton de agua dulce de la presa de Cointzio. Fuente: Alvarado-Villanueva *et al.* 2011.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado-Villanueva, J.D. Sánchez Heredia, A.A. Muñoz Gaytan y R. Hernández-Morales. 2019. El plancton de agua dulce. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 79-89.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El zooplancton (figura 2), está integrado por consumidores primarios (heterótrofos), eslabón importante en la red trófica de la columna de agua, ya que alimenta a niveles tróficos superiores, en específico a consumidores terciarios, como la ictiofauna (peces; Margalef 1983, Wetzel 2001). El grupo está integrado por grandes grupos taxonómicos como protozoarios, rotíferos (Eurotatoria), artrópodos (Cladocera, Copepoda y Ostracoda) y algunos estadios larvales de peces e insectos (Margalef 1983, Martínez y Gutiérrez 1985, Wetzel 2001).

Los protozoarios son organismos sobre todo unicelulares y heterótrofos, su tamaño oscila entre 10 µm a 3 mm de longitud, y pueden llegar a formar colonias. Los rotíferos son metazoarios microscópicos cubiertos con una cutícula elástica, con un sistema vibrátil para desplazarse (Margalef 1983). Los crustáceos de agua dulce están representados por dos grupos: los cladóceros y los copépodos (Wetzel 1981); los primeros son de tamaño pequeño (1 a 3 mm), pueden ser transparentes o de color, dominan las hembras ya que a través de la reproducción asexual (partenogénesis) dan más origen a ese género. Los copépodos son organismos de vida libre que han colonizado los océanos, así como ambientes acuáticos epicontinentales e incluso hábitats semiterrestres (Elías Gutiérrez *et al.* 2008).

FIGURA 2. Muestras de zooplancton de agua dulce en la presa de Cointzio. Fuente: Alvarado-Villanueva *et al.* 2010.

DIVERSIDAD

Las algas del fitoplancton son consideradas un grupo parafilético que ha sufrido una serie de cambios a nivel de los taxas superiores y están conformadas por dos dominios: Procariota, que refiere a los organismos que carecen de membrana nuclear, como las algas azul verde; Eucariota, individuos con verdadero núcleo y a su vez comprende tres reinos: Protista (con el *phylum* Euglenophyta), Chromista (con los *phyla* Cryptophyta, Miozoa, Bacillariophyta, Ochrophyta, Haptophyta) y Plantae (con los *phyla* Charophyta, Chlorophyta, Glaucophyta, Rhodophyta).

Se han descrito alrededor de 15 mil especies de algas, agrupadas en ocho divisiones o *phylum* (cuadro 1; Bold y Wynne 1985, Graham y Wilcox 2000, Guiry 2013).

CUADRO 1. Diversidad de fitoplancton y zooplancton de agua dulce y marina en el mundo.

Plancton	División/*Phylum*	Especies
Fitoplancton	Cyanoprokaryota	3 366
	Cryptophyta	165
	Euglenophyta	1 211
	Miozoa	3 036
	Bacillariophyta	13 583
	Ochrophyta	3 804
	Haptophyta	528
	Chlorophyta	5 405
	Charophyta	4190
Zooplancton*	Protozoos	83 000
	Rotifera	2 200
	Cladocera	400
	Copepoda	12 000

Fuente: *Kudo 1969, Bold y Wynne 1985, *Martínez y Gutiérrez 1985, Graham y Wilcox 2000, *Elías Gutiérrez *et al.* 2008, Guiry 2013.

Las algas continentales en México han sido objeto de estudio desde 1843 (Novelo y Tavera 2011). Se asume que el avance en el conocimiento de dicho grupo ha sido lento ya que existen recopilaciones realizadas por Ortega (1984) donde se encontraron 718 especies, casi 10 años después Pedroche *et al.* (1993) registraron 1 102 especies de agua dulce (apenas un incremento de 384 especies) y 16 años más tarde Pedroche *et al.* (2009), registraron 2 447 especies (un incremento de hasta 1 345); dichos autores señalan la existencia en México de 3 256 especies en tiempos recientes.

El zooplancton está conformado sobre todo por protistas, rotíferos y crustáceos, aunque pueden existir estadios larvarios de invertebrados y de peces. Se trata

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de organismos que pueden vivir tanto en agua dulce, marina o en lugares húmedos; algunos pueden ser de vida libre y otros parásitos; se conocen alrededor de 123 200 (cuadro 1), de los cuales 38 mil pertenecen a crustáceos (Kudo 1969, Martínez y Gutiérrez 1985, Aladro Lubel 2009).

En la entidad, en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz, de la UMSNH, se han realizado estudios sobre las comunidades de plancton en diferentes sistemas lacustres, registrándose un total de 916 especies identificadas, agrupadas en 334 géneros, 156 familias, 75 órdenes y 30 clases (apéndice 15). En el cuadro 2 se presenta el conocimiento que se tiene sobre el fitoplancton y zooplancton de agua dulce en la entidad.

CUADRO 2. Componente taxonómico del plancton de agua dulce.

Categoría taxonómica	Fitoplancton	Zooplancton
Clases	19	11*
Órdenes	58	17
Familias	116	40
Géneros	264	70
Especies	798 (32)	118 (11)
Variedad	59	12

* Se incluye una clase no determinada para la única especie de Gastrotricha. Entre paréntesis se muestran especies no determinadas. Fuente: elaboración propia con datos de tesis realizadas en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz.

CUADRO 3. Conocimiento y distribución de grupos de fitoplancton en diferentes cuerpos de agua.

Cuerpo de agua	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Variedad	Forma	Estudios
Lago de Zirahuén	7	10	36	57	97	204	18		Alvarado Villanueva 1996
Lago de Zirahuén	8	11	27	58	103	233	19	1	Alvarado Villanueva 2003
Lago de Tacámbaro	8	11	23	45	60	90	1		Hernández Morales 2008, 2011
Lago de Tacámbaro	8	10	22	36	73	134	1		Hernández Morales 2011
Laguna Larga	7	10	31	43	54	98	8		García Barrera 1989
Presa de Sabaneta	7	11	18	39	65	154	19		Ceballos *et al.* 1994
Presa Cueramal	7	11	18	34	50	106	11		Ceballos *et al.* 1994
Presa Zicuirán	7	10	18	25	40	51	2		Ceballos *et al.* 1994
Río Cupatitzio	8	13	31	49	75	236	14		Martínez Díaz 2012
Lago de Cuitzeo	8	10	33	50	63	102			Ortega Murillo 2002
Lago de Cuitzeo	7	9	27	47	68	123	2		Ortega Murillo *et al.* 2010*a*
Lago de Pátzcuaro	8	11	27	54	79	123			Camarena 2003, Ortega Murillo *et al.* 2010*c*
Lago cráter alberca de Teremendo	6	7	18	26	41	58	2		Hernández Morales 2011
Lago cráter alberca de los Espinos	7	10	19	29	51	90	4		Hernández Morales 2011
Laguna de Zacapu	6	8	22	31	34	78			Valadés Ramírez 2004, Ortega-Murillo *et al.* 2006*a, b*
Parque La Zarcita	7	9	25	39	55	107	4		Martínez Sánchez 2010
Presa de Cointzio	7	11	25	32	42	62	2		Alvarado *et al.* 2010*a, b*, Ortega Murillo *et al.* 2010*b*
Río de La Piedad	8	12	28	44	63	116	7		Ortega Murillo *et al.* 2011

Fuente: elaboración propia con datos de estudios realizados en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Fitoplancton

Se han efectuado trabajos por parte del Laboratorio de Biología Acuática en el lago de Zirahuén, lago cráter alberca de Tacámbaro, presas Sabaneta, laguna Larga, Cueramal y de Zicuirán, y en el río Cupatitzio (Depresión del Balsas-Telpacatepec); lagos de Cuitzeo y de Pátzcuaro, lagos alberca de Teremendo y de los Espinos, laguna de Zacapu, parque La Zarcita, presa Cointzio y río Meandro de La Piedad (Sistema Volcánico Transversal, en la cuenca del Lerma-Chapala; cuadro 3).

Considerando las especies fitoplanctónicas reportadas en los 15 sistemas lacustres, se cuenta con un total de 798 especies reportadas para Michoacán, donde Bacillariophyta (diatomeas) presenta los porcentajes más altos de riqueza específica (figura 3), así como la mayor cantidad de especies; mientras que Cryptophyta tiene los porcentajes mínimos y el menor número de especies (apéndice 15). En el cuadro 4 se muestra el número de especies reconocidas de fitoplancton para Michoacán y las reportadas por Guiry (2013), en donde se maneja la cantidad de especies de algas a nivel mundial, reflejando que faltan muchos estudios para conocer la diversidad real de algas en Michoacán.

CUADRO 4. Especies de microalgas reportadas para el mundo y para Michoacán.

Taxa	Microalgas en el mundo	Microalgas en Michoacán
Cyanobacteria	3 366	117 (10)
Cryptophyta	165	2 (0)
Euglenozoa	1 211	53 (3)
Miozoa	3 036	20 (1)
Bacillariophyta	13 583	305 (7)
Ochrophyta	3 804	18 (2)
Hapthophyta	528	0
Chlorophyta	5 405	174 (3)
Charophyta	4 190	109 (6)
Total	**35 288**	**798 (32)**

Entre paréntesis se muestran especies no determinadas.
Fuente: elaboración propia con datos de Guiry 2013 y tesis de fitoplancton elaboradas en el Laboratorio de Biología Acuática.

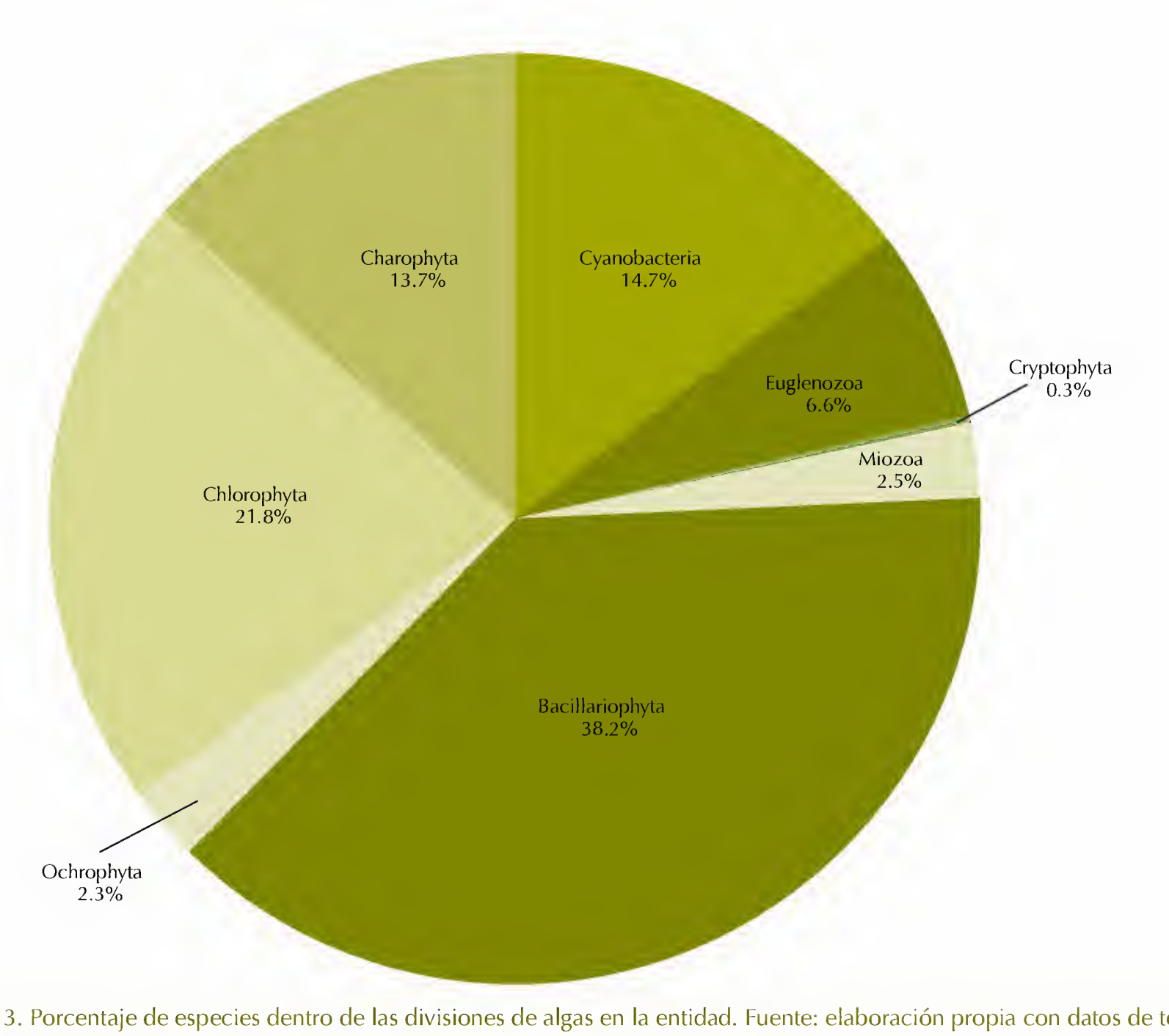


FIGURA 3. Porcentaje de especies dentro de las divisiones de algas en la entidad. Fuente: elaboración propia con datos de tesis de fitoplancton realizadas en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Zooplancton

Sobre este gremio han sido escasos los estudios en el estado (cuadro 5). Cabe mencionar que en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz se han realizado trabajos en los siguientes cuerpos de agua: lagos de Zirahuén y de Pátzcuaro, alberca de Tacámbaro, presas El Cueramal, Sabaneta y Zicuirán, laguna de Naranja de Tapia y parque La Zarcita.

En la entidad, la diversidad específica del zooplancton para el agua dulce se reporta en 118 especies identificadas (apéndice 15). El grupo de los rotíferos (Rotifera) presenta 69 especies, mientras que los gastrotricos (Gastrotricha) sólo tienen una (figura 4).

CUADRO 5. Estudios y distribución de grupos de zooplancton encontrados en diferentes cuerpos de agua del estado.

Cuerpos de agua	*Phylum*	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Referencias
Lago de Zirahuén	2					20	Chacón Torres y Múzquiz Iribe 1991
Lago de Tacámbaro	2	2	6	12	17	30	Ramos Núñez 2013
Presa el Cueramal	5	5	7	11	17	23	Arévalo Navarro 1999
Presa Sabaneta	2	2	5	13	19	26	Álvarez Torres 1995
Presa de Zicuirán	3	4	8	19	24	30	Martínez Alvarado 1999
Lago de Pátzcuaro	3	4	5	19	29	37	Calderón Arreola 1995
Laguna Naranja de Tapia	2	2	5	13	19	26	Bárcenas Flores 1995
Parque La Zarcita	3	3	5	14	15	33	Atilano García 2005

Fuente: elaboración propia con datos de tesis elaboradas en el Laboratorio de Biología Acuática.

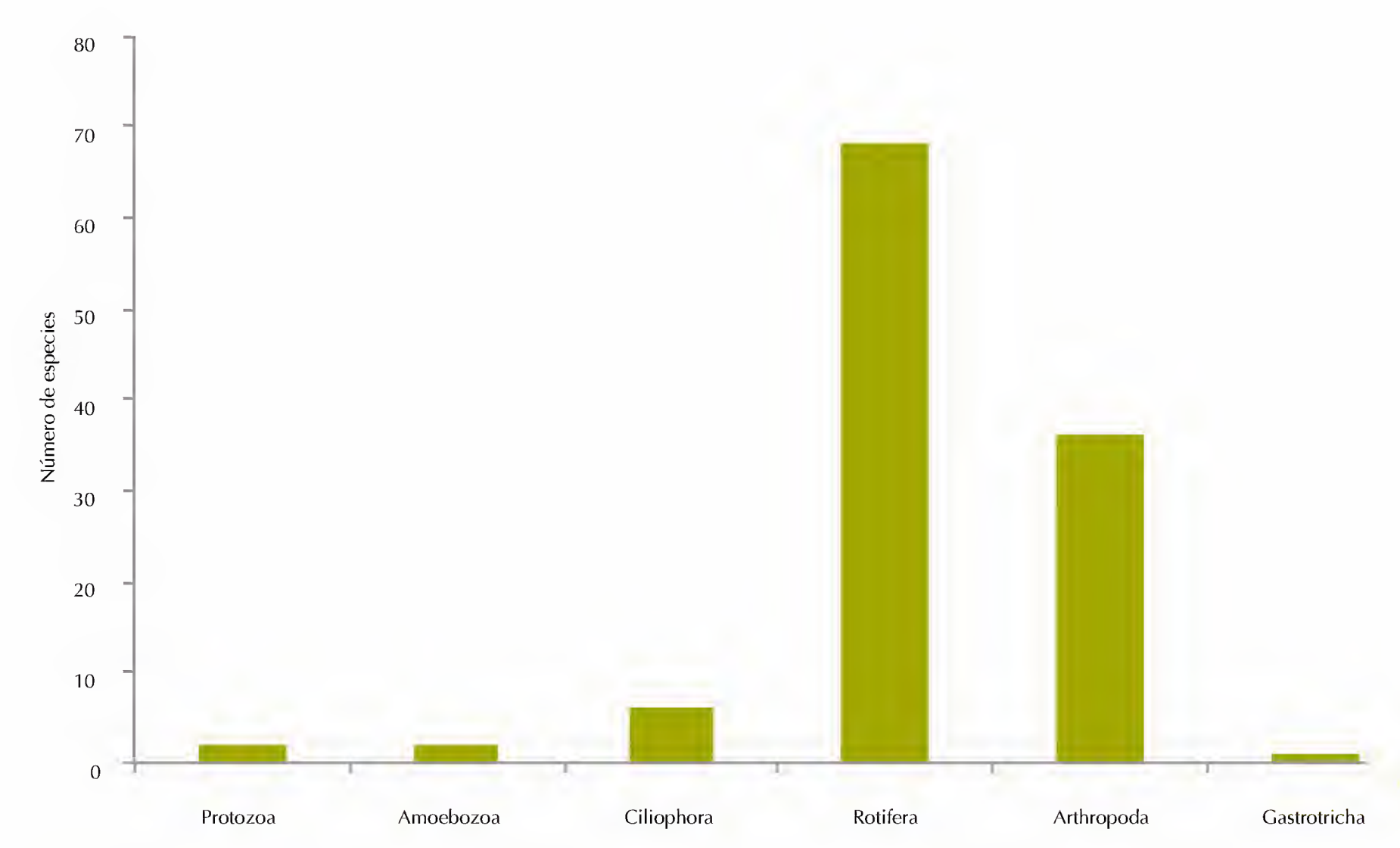


FIGURA 4. Número de especies de zooplancton. Sólo existe registro de una especie de Gastrotrichia y su identificación taxonómica es a nivel de género. Fuente: Brehm 1932, 1942; Uéno 1939, Rioja 1940, Osorio Tafall 1942, Chacón Torres y Múzquiz Iribe 1991, Bárcenas Flores 1995, Álvarez Torres 1995, Martínez Alvarado 1999, Arévalo Navarro 1999, Hernández *et al.* 2010, Alvarado *et al.* 2010*a* y Ramos *et al.* 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN

La dispersión de las especies de plancton en los cuerpos de agua no es homogénea, sino que tiende a agruparse en los sistemas lacustres en nubes o manchas, esto se debe sobre todo a la existencia de gradientes fisicoquímicos, tanto en forma horizontal como vertical (columna de agua), los cuales están sometidos a los cambios estacionales o diarios. Además, existen factores bióticos que influyen en la distribución de los organismos, como la movilidad de los individuos, la velocidad de multiplicación de las especies y la depredación (González de Infante 1988).

Los organismos del fitoplancton se encuentran suspendidos tanto en la superficie como a lo largo de la columna del agua y su distribución vertical depende de la penetración de los rayos solares. El zooplancton se dispersa en la superficie del agua, pero puede abarcar toda la columna y llegar hasta el fondo de los cuerpos de agua; para esos organismos la temperatura es un factor que influye de manera importante en su distribución (González de Infante 1988). Dicha comunidad puede encontrarse en toda la columna de agua, tanto en sistemas acuáticos someros pero sobre todo en el litoral (lago de Pátzcuaro, parque La Zarcita); en lugares profundos su abundancia tiende a disminuir con la profundidad (Reynolds 1984, Harris 1986), como en los lagos de Zirahuén y la alberca de Tacámbaro (Chacón Torres y Múzquiz Iribe 1999, Ramos *et al.* 2012, Ramos 2013).

Cabe señalar que no se cuenta con información suficiente sobre la distribución del plancton para México y para el mundo, pero en Michoacán, en el Laboratorio de Biología Acuática J. Javier Alvarado Díaz se han realizado estudios en dos de las cinco provincias fisiográficas (Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Sistema Volcánico Transversal). Estos estudios evidencian que la mayor diversidad de especies se localiza en la primera provincia (775 especies), mientras que en la segunda la riqueza es menor (439 especies).

Del total de especies reportadas para la región Depresión del Balsas-Tepalcatepec, 693 corresponden al fitoplancton y 79 al zooplancton, mientras que de las 489 especies del Sistema Volcánico Transversal, 358 son de fitoplancton y 81 de zooplancton. Falta realizar estudios del plancton de los cuerpos de agua de las regiones Llanura Costera, Sierra Madre del Sur y Altiplanicie.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

El fitoplancton en su mayoría está integrado por organismos autótrofos que muestran gran variación en espacio y tiempo, debido a su sensibilidad a las fluctuaciones del sistema acuático (Reynolds 1984), conformando el primer eslabón de la cadena alimenticia al ser productores, además su presencia o ausencia limita el desarrollo y distribución de los consumidores primarios (Wetzel 2001). El zooplancton, considerado también como parte de los consumidores primarios, está constituido por organismos microscópicos, heterótrofos, que dependen del fitoplancton para su distribución, así como de otros factores ambientales (Reynolds 1984, Wetzel 2001).

El plancton es considerado indicador de la calidad del agua, por su respuesta a las condiciones ambientales (De la Lanza Espino *et al.* 2000, Wetzel 2001). En el Laboratorio de Biología Acuática se ha trabajado con índices de calidad del agua y estado trófico, utilizando al fitoplancton y al zooplancton como bioindicadores de deterioro (cuadro 6).

Los grupos que se han utilizado como indicadores biológicos están dentro de las diatomeas, con las clases: Bacillariophyceae (*Navicula, Nitzschia*), Fragilariophyceae (*Staurosira counstrens*, entre otras), Coscinodicophyceae (*Aulacoseira granulata* y *Cyclotella meneghiniana*), Euglenophyceae (*Euglena* spp.), Cyanoprokaryota (*Chroococcus* y *Oscillatoria*). Todos esos grupos indican contaminación en los cuerpos de agua, sobre todo por la presencia de materia orgánica. Por su parte, la existencia de algas verdes (*Scenedesmus* y *Pediastrum*) indica eutrofización, mientras que Charophyta (Desmidiaceae) es indicadora de aguas limpias (Reynolds 1984, De la Lanza-Espino *et al.* 2000, John *et al.* 2002).

Recientemente, se han desarrollado trabajos de tesis sobre el manejo del índice de saprobiedad (estado que indica la concentración de materia orgánica), demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y cantidad de organismos de cada especie (Sladecek 1973, Ortega *et al.* 1995), tanto para fitoplancton (Martínez Díaz 2012, Pérez Reyes 2013) como para zooplancton (Ramos Núñez 2013).

Una de las aplicaciones del fitoplancton es su uso como trampa de nutrimentos en sistemas terciarios, además coadyuvan en el tratamiento de aguas residuales dentro de los humedales (Lara Villa *et al.* 1996).

En el lago de Pátzcuaro existen tres ejemplos de lo anterior: los humedales de Cucuchucho, Erongarícuaro y Santa Fe. Las funciones que presentan dichos sistemas acuáticos son: tratamiento de aguas residuales en forma natural, destoxificación de sustancias como metales pesados y modificación de la contaminación debido al enriquecimiento de los nutrimentos. Además, sirven de soporte a la red de alimentación y al ciclo de nutrimentos, crean nichos y espacios de habitación para la biodiversidad del lugar, incluyendo especies nativas, apoyan en el control de sedimentos, en la recarga del humedal y en la descarga de aguas subterráneas, donde las algas azul verde, algunas diatomeas y las algas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Estado trófico de los cuerpos de agua con base en el plancton.

Cuerpo de agua	Estado trófico	Diversidad de especies	Referencias
Lago de Zirahuén	Oligotrófico a mesotrófico	Fitoplancton 213	Alvarado Villanueva 1996
Lago de Zirahuén	Oligotrófico a mesotrófico	Fitoplancton 181	Alvarado Villanueva 2003
Lago de Tacámbaro	Mesotróficas a eutróficas	Fitoplancton 136	Hernández Morales 2008
	Eutrófico	Fitoplancton 125	Hernández Morales 2011
Presa Laguna Larga	Oligotrófico a mesotrófico	Fitoplancton 102	García Barrera 1989
Presa de Sabaneta	Mesotrófico a eutrófico	Fitoplancton 154	Ceballos *et al.* 1994
		Zooplancton 26	Álvarez Torres 1995
Presa Cueramal	Mesotrófico a eutrófico	Fitoplancton 83	Ceballos *et al.* 1994
		Zooplancton 31	Arévalo Navarro 1999
Presa Zicuirán	Eutrófico	Fitoplancton 176	Romero Tinoco 1991
		Fitoplancton 51	Ceballos *et al.* 1994
		Zooplancton 30	Martínez Alvarado 1999
Río Cupatitzio	Eutrófico	Fitoplancton 228	Díaz Martínez 2012
Lago de Cuitzeo	Hipertrófico	Fitoplancton 148	Ortega Murillo 2002
			Ortega Murillo *et al.* 2010*a*
Lago de Pátzcuaro	Eutrófico	Fitoplancton 39	Camarena Magaña 2003
		Fitoplancton 106	Ortega Murillo *et al.* 2010*c*
		Fitoplancton 46	Pérez Reyes 2013
		Zooplancton 37	Calderón Arreola 1995
Lago de los Espinos	Eutrófico	Fitoplancton 34	Hernández Morales 2011
Lago de Teremendo	Eutrófico	Fitoplancton 48	Hernández Morales 2011
Laguna de Zacapu	Eutrófico	Fitoplancton 78	Valadés Ramírez 2004
		Fitoplancton 139	Ortega Murillo *et al.* 2006*a*, *b*
Parque La Zarcita	Eutrófico	Fitoplancton 122	Martínez Sánchez 2010
		Zooplancton 33	Atilano García 2005
Presa Cointzio	Eutrófico	Fitoplancton 46	Ortega Murillo *et al.* 2010*b*
Presa Naranja de Tapia	Eutrófico	Zooplancton 15	Bárcenas Flores 1995
Río La Piedad	Eutrófico	Fitoplancton 71	Ortega Murillo *et al.* 2011

Fuente: elaboración propia con datos de los trabajos de tesis realizados en el Laboratorio de Biología Acuática.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

verdes desempeñan un papel importante (Lindig-Cisneros y Zedler 2005, Lindig-Cisneros y Zambrano 2007).

En la industria, las diatomeas son utilizadas para la elaboración de pastas dentífricas, como fertilizantes, como filtros de decantación y como antifuego, por el aislamiento que provocan. También tienen gran utilidad en el área de paleoecología, ya que se puede conocer el origen de los cuerpos de agua y sus etapas evolutivas, mientras que en la medicina forense y legal sirven para determinar la mortandad de las personas (Scagel *et al.* 1987, Round *et al.* 2000, Rennella 2004).

Desde el punto de vista económico muchos países han mostrado interés por el cultivo masivo de microalgas para la producción de alimento para consumo humano, como forrajes, para la elaboración de pigmentos y para la síntesis de algunos fármacos como antibióticos y complementos vitamínicos (Lara Villa *et al.* 1996).

Además, gran cantidad de especies se emplean para la extracción de materia prima, como lípidos, glicerol, hidrocoloides, hidrocarburos y compuestos biológicamente activos, como toxinas e inhibidores enzimáticos, y también en la producción de biodiesel para obtener energía (Ramos y Salazar 1990).

En la acuicultura se realizan cultivos de microalgas en forma masiva para alimento de rotíferos, larvas de camarones, abulón y otras especies de alto valor comestible para el ser humano (Lara Villa *et al.* 1996).

En lo cultural se cuenta con el trabajo de Ortega *et al.* (1995), quienes señalan que los aztecas tuvieron conocimiento de las algas e hicieron manejo de ellas, como el cocolin o *tecuitlatl*, constituido por *Phormidiun tenue,* alga extraída del primitivo lago de México (Texcoco). Esos autores mencionan que en el Códice Florentino, de Bernardino de Sahagún, se muestran los detalles de la obtención de dicha alga, así como su uso en forma de tributo para los grandes personajes aztecas.

Se conoce poco sobre la situación y el estatus de conservación del plancton de agua dulce. Novelo y Tavera (2011) mencionan que las microalgas han sido objeto de algunos estudios. Es el único grupo que ha sido domesticado y cultivado, sin embargo, el reconocimiento y descripción de las especies data de 1843, es decir, ha sido lento. Para México se han descrito 3 256 especies de las 28 478 reportadas en todo el mundo, lo que hace evidente la necesidad de profundizar en el estudio del plancton y los cuerpos de agua en los que se encuentra.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

En la entidad, las investigaciones relacionadas con el plancton se han realizado en cuerpos de agua permanentes (lagos, ríos y presas). Cabe mencionar que la mayoría de estos se encuentran evolutivamente en la última etapa (cuadro 6), es decir, en un estado eutrófico (cuando existe un aumento progresivo de nutrientes que causan el enriquecimiento del cuerpo de agua, provocando aumentos algales y disminuyendo la diversidad de las especies) o hipertrófico (relacionado con el último estado de declinación e inestabilidad en los ecosistemas acuáticos, en el cual las fluctuaciones de la calidad del agua son extremas y provocan disminución de la diversidad de especies), un ejemplo de lo anterior es el lago de Cuitzeo (Chacón Torres *et al.* 2000, Ortega Murillo *et al.* 2010*a*).

Además, en el Laboratorio de Biología Acuática se ha trabajado con el sistema acuático, utilizándose indicadores del estado trófico y manejando a los diferentes grupos de algas (Martínez Díaz 2012, Pérez Reyes 2013).

Cabe mencionar que dentro de los copépodos planctónicos existen particularidades en su distribución, ya que algunas especies son consideradas endémicas, con ámbitos ecológicos o geográficos restringidos, y donde la contaminación de los mantos freáticos y el incremento en la presión para el uso de las aguas continentales representa una seria amenaza (Elías *et al.* 2008).

En algunos de estos sistemas la actividad humana ha deteriorado la calidad del agua, lo cual ha incrementado la mineralización (consecuencia de la deforestación, que a su vez provoca azolvamiento de las cuencas y disminución de la profundidad del espejo acuático debido al arrastre de suelos) y la carga sapróbica (aumento de la materia orgánica), como ocurre en el caso de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo (Chacón Torres *et al.* 2000, Ortega Murillo *et al.* 2010*c*, Pérez Reyes 2013).

Esos factores que pueden acelerar la evolución de los lagos por actividad antropogénica (eutrofización cultural), afectan la diversidad planctónica y permiten la dominancia de algunas especies, como ejemplo se pueden mencionar superficies como: lago de Cuitzeo (Chacón Torres *et al.* 2000, Ortega Murillo *et al.* 2010*a-c*), lago de Pátzcuaro (Pérez Reyes 2013), lagos cratéricos (los Espinos, Tácambaro y Teremendo) donde se han encontrado florecimientos algales y ha cambiado la diversidad (Hernández Morales 2008 y 2011), laguna de Zacapu (Valadés Ramírez 2004, Ortega Murillo *et al.* 2006 *a, b*), lago de Zirahuén (Alvarado Villanueva 1996 y 2003).

Lo anterior se ve reflejado en la disminución de la profundidad y en la desecación de esos cuerpos de agua. Por ejemplo, en los lagos de Cuitzeo y de Pátzcuaro se ha observado que el agua se ha recorrido dejando la mayor parte del litoral descubierto (Chacón Torres 1993, Chacón Torres *et al.* 2000, Bernal 2002, Ortega Murillo *et al.* 2010*a-c*). Por su parte, el río de La Piedad vierte una gran cantidad de contaminación doméstica, porcina e industrial al río Lerma, en donde se observó que hay sitios muy contaminados y por lo tanto la diversidad es baja, aunque la abundancia de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

especies sea alta (Ortega Murillo *et al.* 2011). Las aguas del río Cupatitzio se han utilizado para la construcción de presas con fines acuaculturales (Calzontzin y Cupatitzio) o para extracción de energía (Cupatitzio y Jicalán), ello por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), aunque también son utilizadas en la agricultura (Barranca Honda y Charapendo), o como en Zupimito, en donde sus aguas se utilizan para la generación de electricidad y son además el vertedero de desechos líquidos de la ciudad de Uruapan.

En todos esos sitios ha disminuido la diversidad de especies y aumentado la abundancia de algunas algas azul verde y diatomeas, como *Staurosira coustrens, Ulnaria ulna* y *Cyclotella meneghiniana* (Ortega Murillo *et al.* 2012).

Otros problemas poco estudiados en la entidad son el deterioro y la sobreexplotación del manto acuífero, el efecto del crecimiento de la mancha urbana, así como la deforestación de las cuencas (Vargas-Uribe *et al.* 2000), que son las principales causas de los cambios del estado trófico en los cuerpos de agua, generando como consecuencia la disminución de la diversidad biológica.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Algunos sistemas lacustres del estado se encuentran en ANP (SUMA 2003, 2005, 2009), y en ellas se están realizando acciones concretas de conservación y recuperación de sus cuerpos de agua. Por ejemplo, en el lago de Pátzcuaro se establecieron humedales (Chacón Torres *et al.* 2004, Lindig-Cisneros y Zambrano 2007) para el manejo de la calidad del agua. Las albercas de Tacámbaro y de Villa Jiménez se encuentran resguardadas dentro de un polígono de un ANP, la de Tacámbaro en Cerro Hueco-La Alberca y el de Villa Jiménez en alberca de los Espinos. Este último sitio también conocido como alberca Santa Teresa es un paraje de esparcimiento y recreación en donde las actividades que se pueden realizar son pesca controlada, senderismo, contemplación, paseo en lancha y nado libre (SUMA 2003, 2005; Marín Togo y Blanco García 2009).

El lago cráter alberca de Teremendo se declaró zona ecoturística, maneja un proyecto que incluye cabañas, sanitarios ecológicos y ofrece paseo a caballo, ciclismo, visitas guiadas y escolares, área gastronómica y estacionamiento, entre otros servicios (Herrera 2009); sin embargo, no se han realizado acciones concretas de protección del área.

Es necesario desarrollar y ejecutar programas de manejo que eviten la pérdida de especies, como sucedió en los lagos de Cuitzeo y de Pátzcuaro (Chacón Torres 1993, Chacón Torres *et al.* 2000, Bernal 2002, Ortega Murillo *et al.* 2010*c*), en donde además de la pérdida de la biodiversidad hay un grave deterioro ambiental que se ve reflejado en el paisaje del cuerpo de agua. Es importante impulsar proyectos que integren a las comunidades que habitan en las inmediaciones de esos cuerpos de agua.

CONCLUSIONES

De los 16 cuerpos de agua estudiados en el Laboratorio de Biología Acuática, el río de Cupatitizio es el que presenta mayor diversidad de fitoplancton, mientras que la diversidad de zooplancton se registra en el lago de Pátzcuaro.

Los estudios del plancton permiten evaluar el estado de eutrofización de los cuerpos de agua (González de Infante 1988). A partir de los estudios realizados se concluye que la mayoría de los cuerpos de agua dulce presentan una baja diversidad de especies, indicando que se encuentran en estado eutrófico. En ese sentido se detectó que la actividad antropogénica es la principal causa de eutrofización y por consiguiente de la disminución de la diversidad del plancton, como sucede con las Dinophyta (dinoflagelados) y las algas verdes o Chlorophyta, en los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro (Ortega Murillo *et al.* 2010*a*, Camarena 2003).

Es necesario realizar estudios en las provincias fisiográficas Llanura Costera, Sierra Madre del Sur y Altiplanicie, que están expuestas a una constante actividad antropogénica y para las cuales no se cuenta con información. Se sugiere que en el futuro cercano se continúen los trabajos para aumentar el conocimiento sobre la diversidad del plancton y conocer la importancia de sus interacciones ecológicas.

REFERENCIAS

Aladro Lubel, M.A. 2009. Caracterización de los protozoos. En: *Manual de prácticas de Laboratorio de protozoos.* M.A. Aladro Lubel, M. Reyes Santos, R. Mayén Estrada *et al.* (eds.). UNAM, México.

Alvarado Villanueva, R. 1996. *Análisis espacio-temporal del fitoplancton en el lago de Zirahuén, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2003. *Dinámica estacional y circadiana del fitoplancton en el lago de Zirahuén, Michoacán, México.* Tesis de maestría en conservación y manejo de los recursos naturales (especialidad recursos acuáticos). UMSNH, Morelia.

Alvarado Villanueva, R., J. Neremy, N. Gratiot *et al.* 2010*a*. Distribución vertical del fitoplancton durante la época de lluvias en la presa de Cointzio. En: *Memorias de la I Reunión de la Sociedad Mexicana de Ficología y VI Congreso Mexicano de Ficología.* Sociedad Mexicana de Ficología, Michoacán.

Alvarado Villanueva, R., M.R. Ortega Murillo, N. Salles *et al.* 2010*b*. Distribución horizontal del fitoplancton durante la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

época estival en la presa de Cointzio, Michoacán, México. En: *Memorias del V Congreso Nacional de Limnología*.

Álvarez Torres, E. 1995. *Análisis de la composición y distribución del zooplancton de la presa Sabaneta, municipio de Hidalgo, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Arévalo Navarro, R. 1999. *Variación estacional de la composición y estructura del zooplancton de la presa El Cueramal, municipio de Churumuco, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Atilano García, V. 2005. *Variación estacional del zooplancton en el parque La Zarcita, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bárcenas Flores, J.L. 1995. *Contribución al estudio del zooplancton de la laguna de Naranja de Tapia, municipio de Zacapu, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bernal B., F.W. 2002. *La limnología del lago de Pátzcuaro: una visión alternativa a conceptos fundamentales.* Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Bold, H.C. y M.J. Wynne. 1985. *Introduction to the algae.* 2ª ed. Prentice-Hall, Inc., EUA.

Brehm, V. 1932. Notizen zur swasserfauna Guatemalas un Mexikos. *Zoologischer Anzeiger* 114:63-66.

——. 1942. Plancton del lago de Pátzcuaro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 3:81-85.

Calderón Arreola, J.B. 1995. *Estructura de la comunidad del zooplancton del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Camarena Magaña, G.M. 2003. *Estudio del fitoplancton del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ceballos C., J.G.A., Ma. del R. Ortega M., R. Villanueva A. 1994. Quince años de investigación ficológica en el Laboratorio de Biología Acuática de la Escuela de Biología de la UMSNH. En: *Memorias del Segundo Simposio. La investigación y el desarrollo tecnológico en Michoacán*. México.

Chacón Torres, A. 1993. *Pátzcuaro, un lago amenazado. Bosquejo limnológico.* UMSNH, Michoacán.

Chacón Torres, A. y E. Múzquiz Iribe. 1991. *El lago de Zirahuén, Michoacán, México. Reconocimiento ambiental de una cuenca michoacana*. Escuela de Biología-UMSNH, Michoacán.

Chacón Torres A., C. Rosas-Monge y J. Alvarado-Díaz. 2000. The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. En: *Aquatic ecosystems of Mexico: status and scope.* M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar y D.F. Malley (eds.). Backhuys Publishers, Países Bajos, pp. 89-101.

Chacón Torres, A., G.L. Ayala-Ramírez, M.B. Rendón *et al.* 2004. Humedales de Ramsar. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales-UMSNH. En: *<http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Michoacan/Humedales_del_Lago_de_Patzcuaro/Humedales%20del%20Lago%20de%20P%C3%A1tcuaro.pdf>*, última consulta: agosto de 2014.

De la Lanza Espino, G., S. Hernández-Pulido y J.L. Carbajal Pérez. 2000. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores).* Plaza y Valdés, México.

Elías Gutiérrez, M., E. Suárez M., M.A. Gutiérrez A. *et al.* 2008. *Cladócera y copépoda de las aguas continentales de México. Guía ilustrada*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM/CONABIO/El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT/SEMARNAT, México.

García Barrera, R.M. 1989. *Contribución al estudio fitoplanctónico de la presa Laguna Larga, Los Azufres, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

González de Infante, A. 1988. *El plancton de las aguas continentales.* Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington.

Graham, L.E. y L.W. Wilcox. 2000. *Algae.* Prentice-Hall, Inc., EUA.

Guiry. 2013. Algae base is a database of information on algae the includes terrestrial marine and freshwater organisms.En: *<www.algaebase.org>*, última consulta: junio de 2013.

Harris, G.P. 1986. *Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuacions.* Chapman y Hall, Londres.

Hernández Morales, R. 2008. *Fitoplancton del lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2011. *Fitoplancton de los lagos cráter de Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias de ecología y conservación. UMSNH, Michoacán.

Hernández, M.R., V. Atilano G., R. Alvarado V. *et al.* 2010. Variación estacional del zooplancton en el lago de Pátzcuaro. En: *Memorias del Congreso Mexicano de Limnología*. Asociación Mexicana de Limnología, A.C., México.

Herrera, A. 2009. La Alberca: una realidad. Arranca la segunda fase. En: *La voz de Michoacán,* Michoacán.

John, D.M., B.A. Whitton y A.J. Brook. 2002. *The freshwater algal flora of the british isles.* Cambridge University Press, Reino Unido.

Kudo, R.R. 1969. *Protozoología*. CECSA, México.

Lara Villa, M.A., J.L. Moreno Ruiz y E.J. Amaro Mauricio. 1996. *Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de laboratorio.* UAM-Unidad Iztapalapa, México.

Lindig-Cisneros R. y J.B. Zedler. 2005. Restauración de humedales. En: *Temas sobre restauración ecológica*. O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil *et al.* INE/SEMARNAT. México, pp. 201-214.

Lindig-Cisneros R. y L. Zambrano. 2007. Aplicaciones prácticas para la conservación y restauración de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México.* O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters *et al.* (eds.). INE/SEMARNAT. México, pp. 167-188.

Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

Marín Togo, M.C. y A. Blanco García. 2009. *Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). México Alberca de Los Espinos.* En: *<http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Michoacan/Alberca%20de%20los%20Espinos/LA_ALBERCA_DE_LOS_ESPINOS.pdf>*, última consulta: abril 2018.

Martínez Alvarado, E. 1999. *Análisis zooplanctónico de la presa Zicuirán, municipio de La Huacana, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Martínez Díaz, N.T. 2012. *Estudio de las microalgas planctónicas de la subcuenca del río Cupatitzio, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Martínez P., J.A. y M.E. Gutiérrez. 1985. *Introducción a la protozoología*. Trillas, México.

Martínez Sánchez, I. 2010. *El fitoplancton del parque La Zarcita, municipio de Zacapu, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Novelo E. y R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológicas* 21(3):333-341.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ortega, M.M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Ortega M.M., J.L. Godínez, G. Garduño S. y Ma. G. Oliva. 1995. *Ficología de México. Algas continentales*. AGT Editor, S.A., México.

Ortega Murillo, M.R. 2002. *Evolución del lago de Cuitzeo en los últimos Ca 18 000 años AP con base en el análisis de las diatomeas del presente y pasado*. Tesis de maestría en ciencias en conservación y manejo de recursos naturales, especialidad recursos acuáticos. UMSNH, Michoacán.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, Y. Escutia Lara y J.D. Sánchez Heredia. 2006*a*. La comunidad del fitoplancton después del dragado en la laguna de Zacapu, Michoacán. En: *Memorias del V Congreso Mexicano de Ficología*. Sociedad Mexicana de Ficología, Jalisco.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, J.D. Sánchez Heredia *et al.* 2006*b*. Abundancia y distribución del fitoplancton en la laguna de Zacapu. En: *Memorias de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología*. Michoacán, México.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, R. Hernández Morales y J.D. Sánchez Heredia. 2010*a*. Evolución trófica de un lago tropical hiposalino en México con base en el fitoplancton. *Biológicas* 12:15-20.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, N. Salles *et al.* 2010*b*. Riqueza específica del fitoplancton vivo en la presa de Cointzio. En: *Memorias del V Congreso Nacional de Limnología*. Asociación Mexicana de Limnología, A.C., Michoacán.

Ortega Murillo, M.R., R. Alvarado Villanueva, R. Hernández Morales *et al.* 2010c. Riqueza taxonómica del fitoplancton del lago de Pátzcuaro. En: *Memorias de la I Reunión de la Sociedad Mexicana de Ficología y VI Congreso Mexicano de Ficología*. Sociedad Mexicana de Ficología y Sociedad Ficológica de América Latina y el Caribe, México.

——. 2011. El fitoplancton del meandro La Piedad (cuenca del Lerma), México. En: *Memorias del IX Congreso de Ficología de América Latina y el Caribe. VII Reunión Iberoamericana de Ficología, IX Simposio Argentino de Ficología*. Argentina

Ortega Murillo, M.R., N.T. Díaz Martínez, R. Alvarado Villanueva *et al.* 2012. Fitoplancton de la región litoral del río Cupatitzio, Michoacán, México. *Biológicas* 14(2):57-66.

Osorio-Tafall, B. 1942. *Diaptomus* (*Microdiaptomus*) *cokeri*, nuevo subgénero y especie de diaptómido de las cuevas de la región de Valles, San Luis Potosí, México. (Copee. Calan.). *Ciencia* 3:206-210.

Pedroche, F.F., K.M. Dreckmann, A. Sentíes Granados y R. Margain Hernández. 1993. Diversidad algal en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44(esp.):69-92.

Pedroche, F.F., A. Sentíes Granados, E. Novelo y M.E. Meave del Castillo. 2009. Algas. Pasado, presente y futuro en México. En: *Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México*. Tomo II. J. Ramírez Pulido (ed.). UAM-Iztapala/CONACyT/Instituto de Ciencia y Tecnológica del Distrito Federal (ICYTDF), México, pp. 55-69.

Pérez Reyes, M. 2013. *Análisis del fitoplancton durante un ciclo anual en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ramos, A. y M. Salazar. 1990. Uso potencial de los cultivos de microalgas. En: *La acuicultura: de los conceptos a la producción*. G. De la Lanza Espino y J.L. Arredondo (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 274-240.

Ramos N., G., R. Hernández M., M.R. Ortega M. y R. Alvarado V. 2012. Riqueza específica del zooplancton en el lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. En: *Memorias de la XVII Reunión Nacional y X Reunión Internacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C., México.

Ramos Núñez, M.G. 2013. *Variación estacional de la diversidad específica del zooplancton y su distribución en el lago cráter de Tacámbaro, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rennella A. 2004. Muerte por sumersión en busca de un diagnóstico. *Cuadernos de medicina forense* 3(1):13-19.

Reynolds, C.S. 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Nueva York.

Rioja, E. 1940. Observaciones acerca del plancton del lago de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 11:417-425.

Romero Tinoco, M.M. 1991. *Caracterización limnológica de la presa Zicuirán y de su cuenca de drenaje en el estado de Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Round, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 2000. *The diatoms*. Cambridge University Press, Reino Unido.

Scagel, R.F., R.J. Bandoni, J.R. Maze *et al.* 1987. *El reino vegetal*. Ed. Omega, S.A., Barcelona.

Sladecek, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Archiv für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse der Limnologie* 7:1-4.

SUMA. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 2003. Decreto administrativo. Se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Zona de Preservación Ecológica, el lugar conocido como "La Alberca de los Espinos", ubicado en el municipio de Jiménez, Michoacán. Publicado el 14 de marzo de 2003 en el POE. Texto vigente.

——. 2005. Decreto que declara Área Natural Protegida al sitio conocido como "Cerro Hueco" y "La Alberca" del municipio de Tacámbaro, Michoacán de Ocampo. Publicado el 28 de enero de 2005 en el POE. Texto vigente.

Uéno, M. 1939. Zooplankton of lago de Pátzcuaro, Mexico. *Annotationes Zoologicae* 18:105-114.

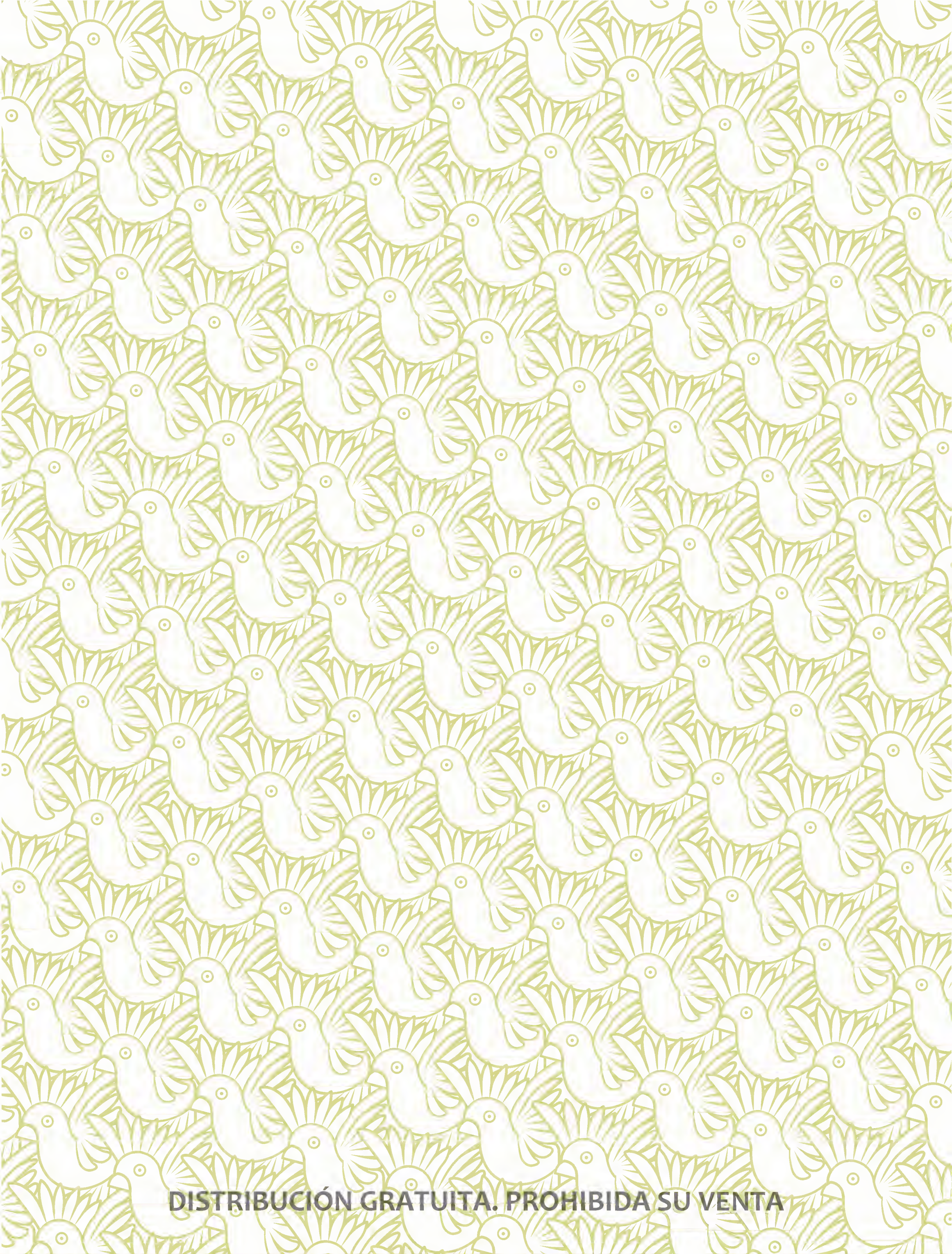
Valadés Ramírez, A. 2004. *Análisis cualitativo de fitoplancton en la laguna de Zacapu, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Vargas-Uribe, G., J.O. García-García y C. Contreras-Barriga. 2000. *Apuntes e indicadores para la historia ambiental regional de Michoacán*. Centro de Investigaciones Económicas y Sociales-UMSNH, Michoacán.

Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Ed. Omega, S.A., Barcelona, España.

——. 2001. *Limnology*. Academic Press, California.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Zooplancton de los lagos cráter michoacanos

RUBÉN HERNÁNDEZ MORALES, MARÍA GUADALUPE RAMOS NÚÑEZ Y MARISOL MARTÍNEZ MARTÍNEZ

INTRODUCCIÓN

El zooplancton es una comunidad biológica formada por organismos microscópicos heterótrofos que viven errantes en las columnas de agua, integrando el primer eslabón de consumidores en una red trófica (Wetzel 2001). Este grupo se encuentra amenazado por el mal manejo de los recursos terrestres.

En este estudio se presenta información sobre la comunidad de zooplancton en los lagos cráter del estado, obtenida a partir de varios proyectos de investigación publicados parcialmente y desarrollados en la Facultad de Biología de la UMSNH (Hernández 2009, Ramos *et al.* 2012, Ramos-Núñez *et al.* 2012).

En la entidad la diversidad específica del zooplancton de agua dulce está encabezada por los rotíferos (Rotifera), con 150 registros, seguido de los cladóceros (Cladocera) con 21 especies, mientras que los organismos pertenecientes al grupo de los copépodos (Copepoda) y al de los protozoarios (Protozoa) cuentan con dos y ocho registros, respectivamente (Brehm 1932 y 1942, Uéno 1939, Rioja 1940, Osorio-Tafall 1942, Chacón-Torres *et al.* 1991, Bárcenas 1995, Álvarez 1995, Martínez 1999, Arévalo 1999, Hernández *et al.* 2010, Alvarado *et al.* 2010, Ramos *et al.* 2012).

Estos grupos taxonómicos se han estudiado en diferentes cuerpos de agua (véase El plancton de agua dulce, en esta obra), entre los que se pueden mencionar sistemas únicos como los lagos cráter, que funcionan como reservorios de microorganismos que han evolucionado de manera aislada de otros sistemas acuáticos, mismos que a la fecha han comenzado a caracterizarse con un enfoque ecosistémico para lograr comprender el comportamiento entre el ambiente fisicoquímico y los diferentes eslabones de la fracción biológica (Hernández 2011, Vázquez 2012, Martínez 2013, Ramos 2013, Morales 2014).

Estos sistemas son lénticos y se encuentran en cubetas lacustres cónicas, a la altura del paralelo 19, en la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal, dentro de las regiones hidrológicas RH12 Lerma-Chapala (lago cráter alberca de Teremendo, en Morelia y lago cráter alberca de los Espinos, en Villa Jiménez) y RH18 Balsas (lago cráter alberca de Tacámbaro).

Sus aguas son alcalinas, mineralizadas y con moderada carga de material orgánico, poco transparentes y muy productivas (hipereutróficas), para el caso de alberca de Teremendo, mientras que las otras dos albercas (los Espinos y Tacámbaro) presentan aguas transparentes moderadamente productivas (mesotróficas a eutróficas).

DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON

El zooplancton registrado en los lagos cráter presenta un patrón similar a la diversidad específica observada en el estado (Hernández 2009, Ramos *et al.* 2012). El grupo Rotifera (Eurotatoria) es uno de los más representativos con 28 especies, al cual le precede el grupo Cladocera (Branchiopoda) y Copepoda (Maxillopoda), con tres y dos registros, respectivamente (figura 1).

Los géneros con mayor diversidad específica en estos lagos son *Brachionus* sp., *Keratella* sp., *Lecane* sp. y *Polyarthra* sp., todos pertenecientes a la clase Eurotatoria (apéndice 15; Ramos 2013).

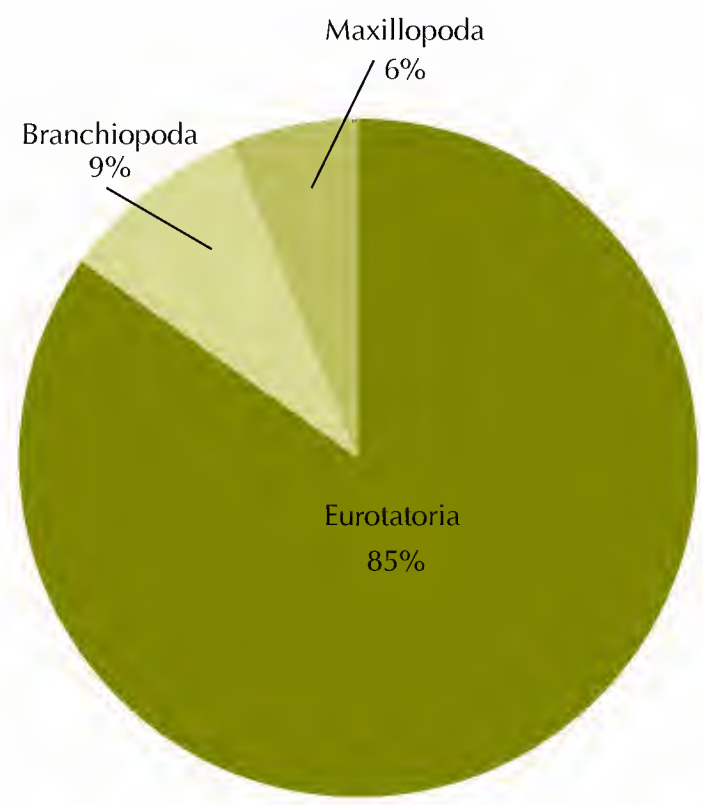


FIGURA 1. Riqueza específica del zooplancton en los lagos cráter del estado. Fuente: Hernández 2009, Ramos *et al.* 2012.

Hernández-Morales, R., M.G. Ramos-Núñez y M. Martínez-Martínez. 2019. Zooplancton de los lagos cráter michoacanos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 91-94.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La ocurrencia y permanencia en la columna del agua de Eurotatoria, Branchiopoda y Maxillopoda fluctúa a lo largo del ciclo anual (figura 2), y presenta tasas de reproducción elevadas después de la holomixis (circulación invernal de la masa de agua), eclosionando a principios de marzo y poblando la cubeta lacustre en el mes de abril, hasta alcanzar su máximo en mayo (Ramos 2013). El grupo que encabeza la abundancia del zooplancton en el lago cráter alberca de Tacámbaro, en un ciclo anual, es Rotifera (Eurotatoria) con *Keratella cochlearis* var. *cochlearis* como el mejor representante, seguido de Copepoda (Branchiopoda), con *Halicyclops cenoticola* como taxón recurrente, y por último se encuentra el grupo Cladocera (Maxillopoda), en donde *Ceriodaphnia dubia* aporta el mayor número de organismos (Ramos 2013).

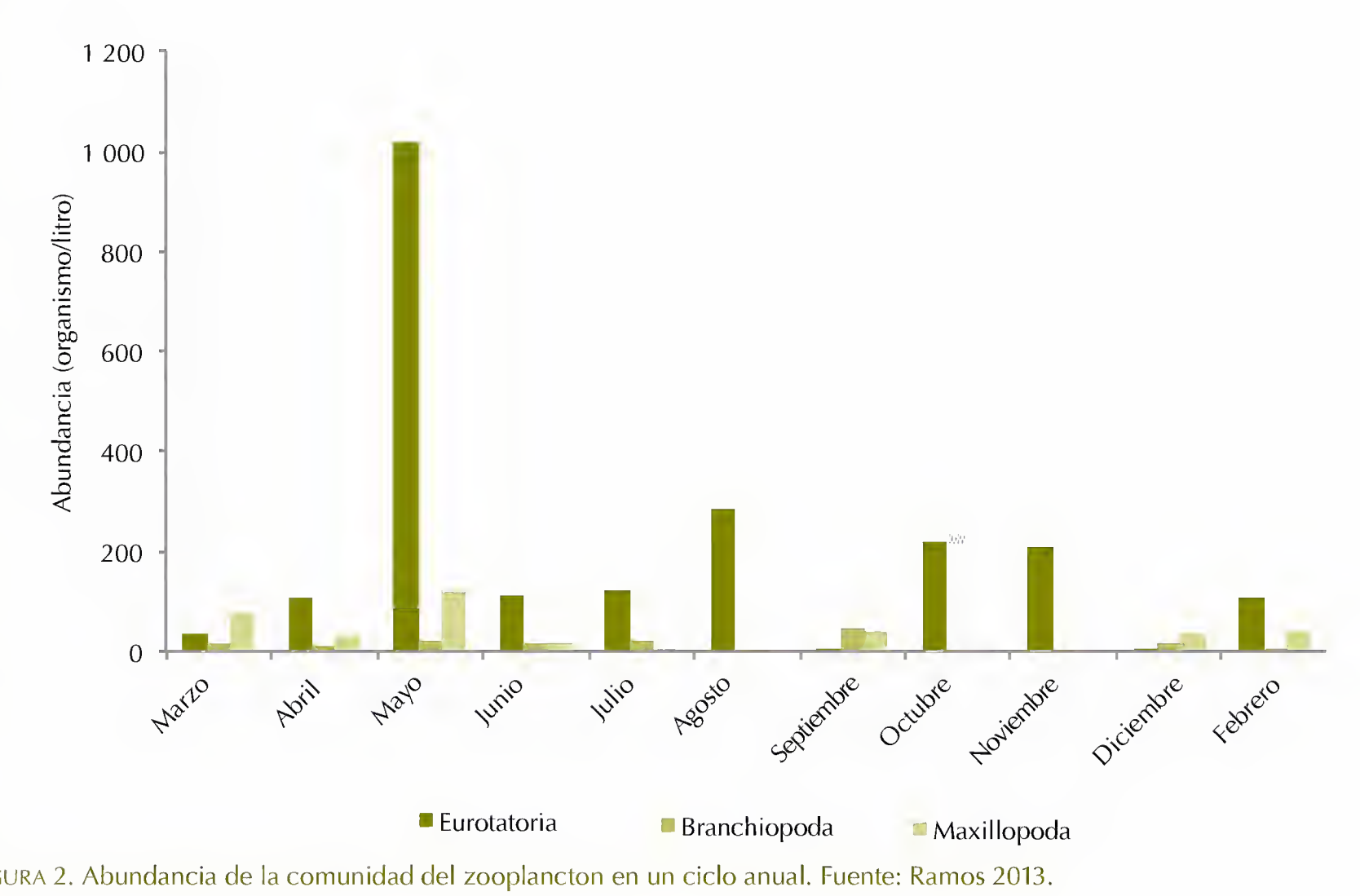


FIGURA 2. Abundancia de la comunidad del zooplancton en un ciclo anual. Fuente: Ramos 2013.

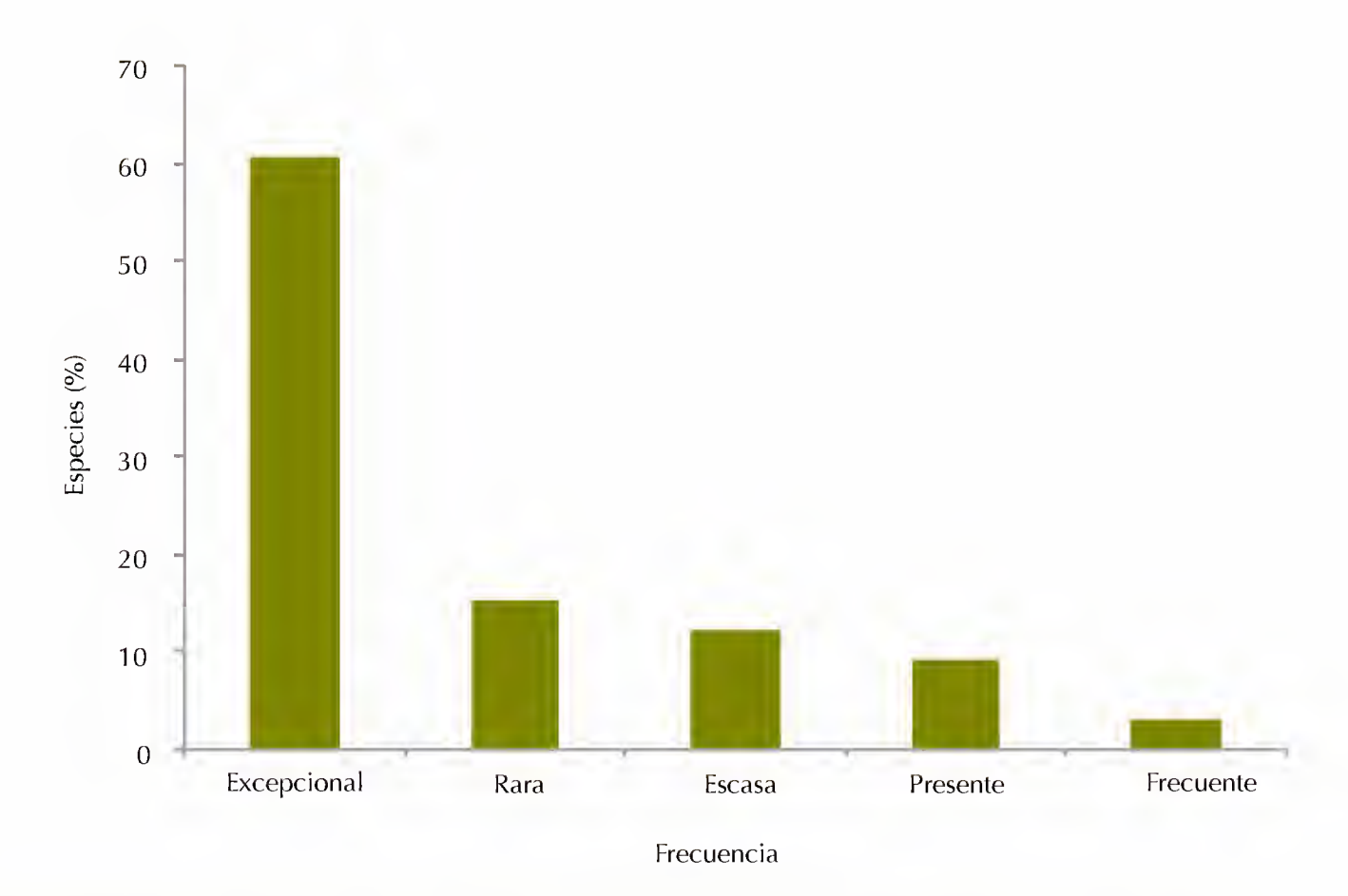


FIGURA 3. Frecuencia de aparición de las especies del zooplancton en los lagos cráter. Fuente: Ramos 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Por otro lado, durante el ciclo anual se presenta una sucesión de grupos en los lagos cráter de Michoacán, y de acuerdo con su frecuencia de aparición las especies son poco persistentes. En este análisis se reporta que 3% de las especies son frecuentes, 9% están presentes y 61% son organismos con una ocurrencia excepcional (figura 3), lo que indica que la mayoría de los individuos planctónicos heterótrofos presentan susceptibilidad a los cambios ambientales y fisicoquímicos que se puedan presentar en los cráteres, factor que la hace una comunidad vulnerable al mal manejo del recurso acuático (Ramos 2013).

AMENAZAS Y SITUACIÓN DE CONSERVACIÓN

A pesar de que los lagos cráter de los municipios de Tacámbaro y Villa Jiménez se encuentran protegidos dentro de un polígono de área natural protegida, el de Tacámbaro en Cerro Hueco-La Alberca, y el de Villa Jiménez en alberca de los Espinos. Las actividades antrópicas han deteriorado la calidad del agua (SUMA 2003, 2005), lo cual ha incrementado el nivel trófico generando lagos más mineralizados y con cargas saprobicas crecientes, factores que afectan a las comunidades planctónicas y restringen la diversidad de las mismas (Hernández 2011). Por ejemplo, en alberca de los Espinos continúa el saqueo de materiales pétreos, actividad que podría colapsar algunas de las laderas del cono volcánico al incrementar su desecación y provocar su posterior eutrofización (Hernández 2011).

En los cráteres aún se llevan a cabo actividades de agricultura con temporadas de agostadero, época en donde el ganado pastorea en las laderas del cráter, eventos que erosionan los conos volcánicos y los eutrofizan. En lo que respecta al lago cráter alberca de Teremendo, presenta un vertedero de agua residual doméstica, la cual incrementa los niveles de sales, sólidos, material orgánico y organismos microbiológicos patógenos (Hernández 2011).

En el contexto hídrico, la sobreexplotación del manto freático en los alrededores de la mancha urbana de Morelia, así como la creación de fraccionamientos en zonas de recarga, limitan que el agua subterránea mantenga el nivel superficial del agua del cráter, ya que esos sistemas no dependen del agua vertida por precipitación, sino de la recarga del acuífero. Por ello, para conservar estos ecosistemas es necesario respetar los órdenes territoriales y regular la extracción del agua del subsuelo, así como de la superficial, de otra forma las comunidades biológicas que estos ambientes lénticos contienen desaparecerán por la alteración y desecación del ambiente natural, perdiéndose con ello microrganismos que han evolucionado de manera aislada de otros sistemas acuáticos y que son reservorio biológico de alto valor taxonómico.

REFERENCIAS

Alvarado, V.R., A.A. Muñoz G., M.R. Ortega M. *et al.* 2010. Distribución vertical del zooplancton durante la época de lluvias en la presa de Cointzio, Michoacán, México. En: *Memorias del V Congreso Mexicano de Limnología*. Asociación Mexicana de Limnología, A.C., Michoacán.

Álvarez, T.E. 1995. *Análisis de la composición y distribución del zooplancton en la presa Sabaneta, municipio de Hidalgo, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Arévalo, N.R. 1999. *Variación estacional de la composición y estructura del zooplancton en la presa El Cueramal, municipio de Churumuco, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bárcenas F., J.L. 1995. *Contribución al estudio del zooplancton de la laguna de Naranja de Tapia, municipio de Zacapu, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Brehm, V. 1932. Notizen zur swasserfauna Guatemalas un Mexikos. *Zoologischer Anzeiger* 114:63-66.

——. 1942. Plancton del lago de Pátzcuaro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 3:81-85.

Chacón-Torres, A., M.R. Pérez y E. Musquiz I. 1991. *Síntesis limnológica del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. UMSNH, Michoacán.

Hernández, M.R. 2009. Organismos sobresalientes del plancton de los lagos cráter de Michoacán, México, durante agosto del 2009. En: *Memorias del IX Foro de movilidad académica de la Facultad de Biología de la UMSNH*. UMSNH, Michoacán.

——. 2011. *Fitoplancton de los lagos cráter de Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hernández, M.R., V. Atilano G., R. Alvarado V. *et al.* 2010. Variación estacional del zooplancton en el lago de Pátzcuaro. En: *Memorias del V Congreso Mexicano de Limnología*. Asociación Mexicana de Limnología, A.C., Michoacán.

Martínez, A.E. 1999. *Análisis zooplanctónico de la presa Zicuirán, municipio de La Huacana, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Martínez, M.M. 2013. Las microalgas perifíticas del litoral del lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Morales, G.S. 2014. Estudio del perifiton y determinación del nivel trófico en el lago cráter alberca de los Espinos, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Osorio-Tafall, B. 1942. *Diaptomus* (Microdiaptomus) *cokeri*, nuevo subgénero y especie de diaptómido de las cuevas de la región de Valles, San Luis Potosí, México. (Copee. Calan.). *Ciencia* 3:206-210.

Ramos N., M.G., R. Hernández M. y M.R. Ortega M. 2012. Composición taxonómica del zooplancton del lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. En: *Memorias del VII Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación y Primer Encuentro de Tesistas y Beneficiarios del Programa de Becas-Tesis*. CONACYT-CECTI, Morelia.

Ramos-Núñez, M.G., R. Hernández-Morales, M.R. Ortega M. y R. Alvarado-Villanueva. 2012. Riqueza específica del

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

zooplancton en el lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. En: *Memorias de la XVII Reunión Nacional y X Reunión Internacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, A.C.* Sociedad Mexicana de Planctología, A.C., Quintana Roo.

Ramos N., G. 2013. *Variación estacional de la diversidad específica del zooplancton y su distribución en el lago cráter alberca de Tacámbaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rioja, E. 1940. Observaciones acerca del plancton del lago de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 11:417-425.

SUMA. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 2003. Decreto administrativo. Se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Zona de Preservación Ecológica, el lugar conocido como "La Alberca de los Espinos", ubicado en el municipio de Jiménez, Michoacán. Publicado el 14 de marzo de 2003 en el POE. Texto vigente.

——. 2005. Decreto que declara Área Natural Protegida al sitio conocido como "Cerro Hueco" y "La Alberca" del municipio de Tacámbaro, Michoacán de Ocampo. Publicado el 28 de enero de 2005 en el POE. Texto vigente.

Uéno, M. 1939. Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, Mexico. *Annotationes Zoologicae* 18:105-114.

Vázquez, J.O. 2012. *Algas perifíticas del lago cráter alberca de Teremendo, municipio de Morelia, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology.* Academic Press, California.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La diversidad del plancton marino

JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA, SANDY FABIOLA ANDRADE HERNÁNDEZ Y XAVIER MADRIGAL GURIDI

DESCRIPCIÓN

Se entiende como plancton a la agrupación compuesta por organismos que se encuentran en la superficie del agua, flotando libremente, los cuales no son capaces de contrarrestar los movimientos del líquido y presentan cierto desplazamiento que juega un papel significativo en la alimentación.

Este gremio comprende representantes de casi todos los grupos de algas y animales microscópicos; se distribuye tanto en la provincia nerítica (en el agua situada sobre la plataforma continental), como en la oceánica (agua de mar abierto, alejado de la plataforma continental).

La división más importante del plancton se refiere a la naturaleza de los organismos: el fitoplancton agrupa sobre todo a microalgas fotosintetizadoras y el zooplancton está constituido por microorganismos animales heterótrofos (Cifuentes *et al.* 1987).

DIVERSIDAD

En la costa michoacana se han realizado estudios de plancton (figura 1), tanto en la provincia nerítica, en la zona más cercana a la costa, como en la provincia oceánica. El conocimiento del fitoplancton de Michoacán es escaso, comparado con el del Pacífico Tropical Mexicano (PTM). Se tienen registros de algunos trabajos publicados en revistas nacionales e internacionales, así como tesis de licenciatura y posgrado, la mayoría de los cuales hacen referencia a grupos específicos (Ceballos 1988, Cardoso 2001, Tovar 2001, Meave del Castillo 2002, Meave del Castillo *et al.* 2003, Toledano 2003, Hernández-Becerril y Alonso-Rodríguez 2004, Vargas 2004, Ceballos 2006, Meave del Castillo 2006, Hernández-Becerril *et al.* 2007, Hernández-Becerril *et al.* 2008, Herrera 2009, Hernández-Becerril *et al.* 2010*a*, *b*; Mejía 2011, Ahuja 2012). En 2006 se habían registrado 697 taxones de microalgas fitoplanctónicas para el PTM, de los cuales 60.4% se han observado en aguas del litoral michoacano a partir de muestras obtenidas en la provincia nerítica. El total de taxones planctónicos observados es de 332 (apéndice 16), situación que apoya lo citado por Meave del Castillo (2006), quien menciona que la costa michoacana es una de las de mayor incidencia de registros en el PTM. En la figura 2 se muestra la distribución porcentual de los taxones de la costa michoacana, en donde se consideran los grupos taxonómicos a los que pertenecen. Como puede observarse, los dinoflagelados son el grupo predominante, seguido de las diatomeas, cianobacterias y silicoflagelados.

Ceballos-Corona, J.G.A., S.F. Andrade-Hernández y X. Madrigal-Guridi. 2019. La diversidad del plancton marino. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 95-103.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

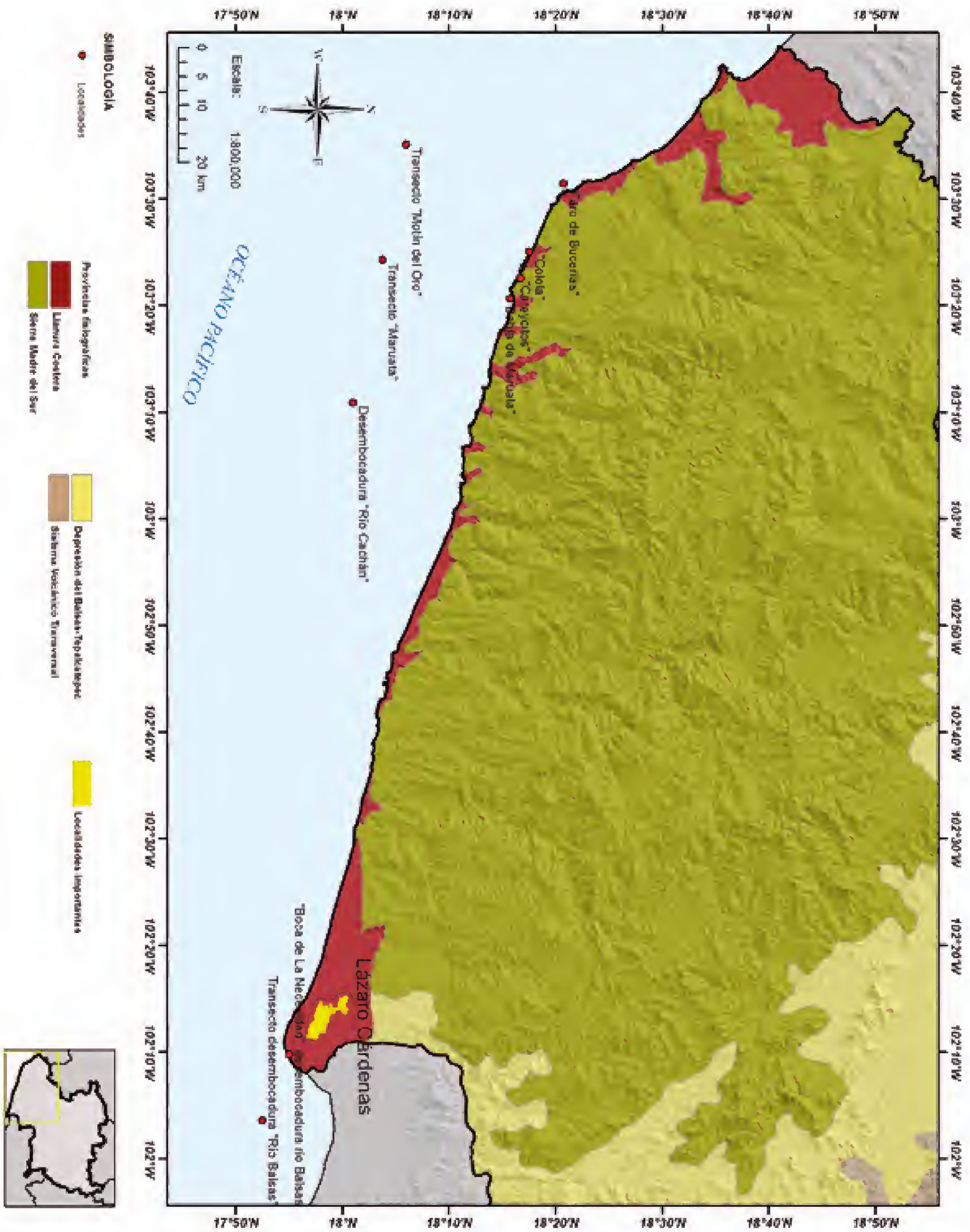


FIGURA 1. Áreas de estudio de plancton en la costa michoacana. Fuente: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

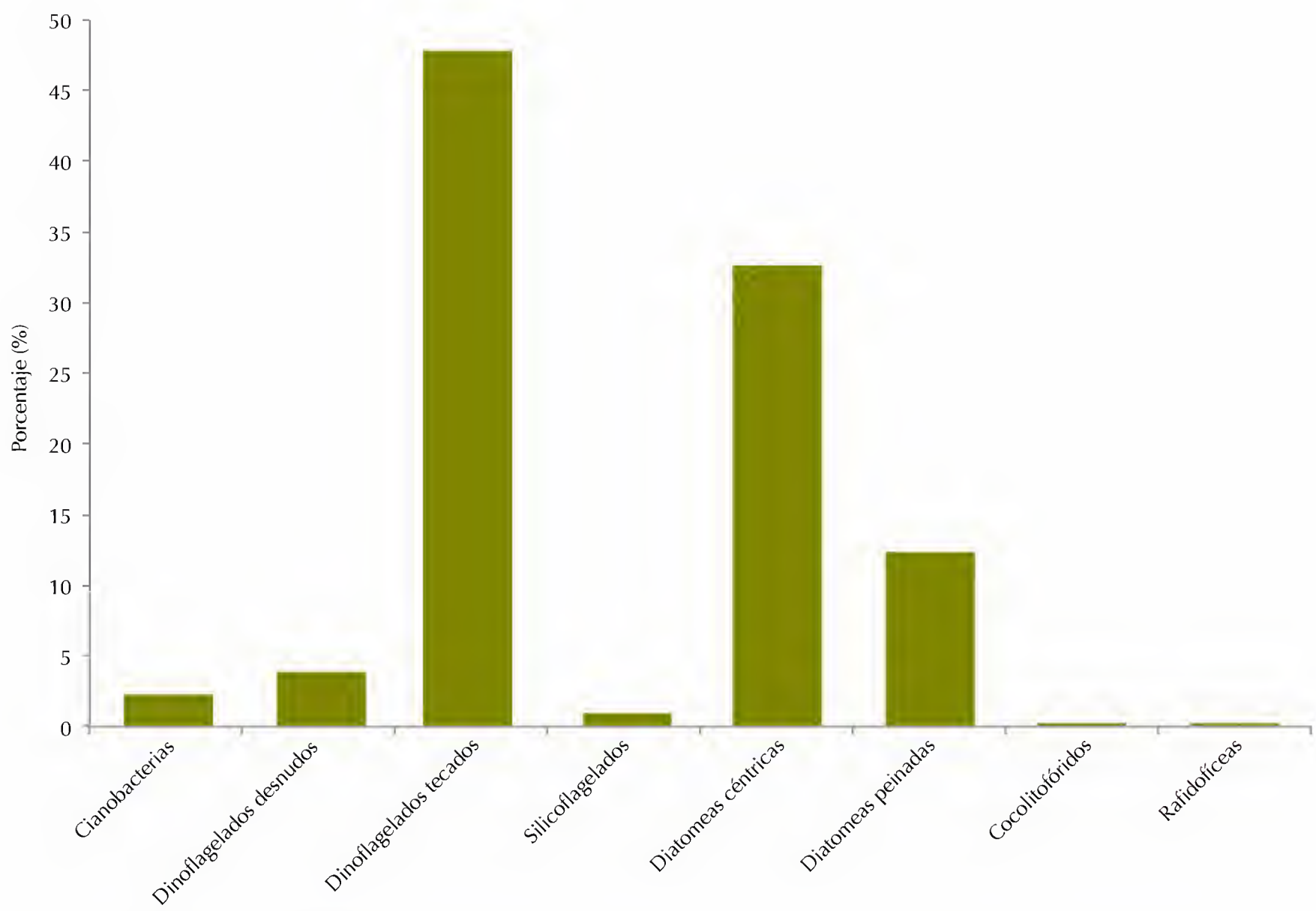


FIGURA 2. Distribución porcentual de los principales grupos fitoplanctónicos de la costa michoacana. Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 16.

El número de especies de fitoplancton reportado para la entidad es de 330 especies, cinco variedades y una forma (apéndice 16). Las especies de mayor importancia, considerando su dominancia y el grupo taxonómico, se presentan en el cuadro 1. Destacan las correspondientes a eventos de florecimientos algales nocivos (FAN), comúnmente conocidos como "marea roja", que consisten en la proliferación de los dinoflagelados *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Alvarado y Ceballos 1997, Ramírez-Camarena *et al.* 1996, Orellana-Cepeda *et al.* 1998) y *Gymnodinium catenatum* (Sierra-Beltrán *et al.* 2004), las cuales producen saxitoxinas asociadas a intoxicaciones diarréicas y neuronales. En cuanto a las diatomeas, *Pseudo-nitzschia* es de suma importancia por la producción de ácido domoico causante de intoxicación amnésica; destaca también la presencia de *Pseudo-nitzschia fraudulenta*, *P. subpacifica* y *P. delicatissima* (Ahuja 2012).

En el caso del zooplancton se han registrado 173 especies para la costa michoacana (apéndice 17). Las observaciones se iniciaron en 1981 para el caso del ictioplancton (Acal 1991), en 1983 en la bahía de Maruata (González 1987), de 1995 a 2010 desde el Faro de Bucerías a la desembocadura del río Balsas (Ceballos-Corona 2005, Andrade-Hernández y Ceballos-Corona 2012, Gamero 2012), para foraminíferos, radiolarios, tintínidos, medusas, copépodos, quetognatos, tunicados e ictioplancton (larvas de peces).

En 2009, en áreas cercanas a la costa michoacana –Jalisco, Colima y Guerrero– se tenían registradas 178 especies de zooplancton, entre medusas, copépodos, eufáusidos, quetognatos y larvas de peces (Vázquez 1997, Franco-Gordo 2009), de los cuales solo 3.93% se han observado en el litoral michoacano. En la figura 3 se muestran las proporciones porcentuales de los principales grupos zooplanctónicos observados en la costa michoacana.

Al realizar un análisis de los grupos de zooplancton (apéndice 17) se puede notar que los ciliados, medusas, copépodos e ictioplancton se han estudiado de manera amplia, no obstante, también se reportan especies de ostrácodos, balanos y quetognatos poco estudiadas en el PTM.

Cabe destacar que los ciliados *Favella campanula* y *F. ehrenbergii* son de gran importancia en la depredación de dinoflagelados productores de mareas rojas y bacterias, lo cual se observó durante el florecimiento algal nocivo (FAN) de mayo de 2010 en la bahía de Maruata (Mejía 2011).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies fitoplanctónicas de mayor dominancia, por grupos taxonómicos, registradas en Michoacán.

Grupos		Especies
Cianobacterias		*Trichodesmium erythraeum, T. thiebautii, T. hildebrandtii*
Dinoflagelados	Desnudos	*Akashiwo sanguinea, Gymnodinium catenatum, Gyrodinium instriatum, Cochlodinium polykrikoides, Noctiluca scintillans*
	Tecados	*Prorocentrum micans, P. gracile, Alexandrium catenella, Lingulodinium polyedrum, Gonyaulax spinifera, Tripos furca, Ceratium divaricatum* var. *balechii, Diplopsalopsis bomba, Protoperidinium oceanicum, P. depressum, Dinophysis caudata, Phalacroma doryphorum*
Silicoflagelados		*Dictyocha calida, D. octanaria*
Diatomeas	Céntricas	*Proboscia alata, Rhizosolenia castracanei, Planktoniella sol, Coscinodiscus centralis, C. wailesii, Bacteriastrum hyalinum, Chaetoceros decipiens, C. coarctatus, C. curvisetus, C. lorenzianus, Trieres mobiliensis, Ditylum brightwellii, Helicotheca tamesis, Skeletonema costatum*
	Pennadas	*Asterionellopsis glacialis, Ceratoneis closterium, Lioloma pacificum, Meuniera membranacea, Pseudo-nitzschia fraudulenta, P. subpacifica, P. delicatissima, P. pungens, Thalassionema nitzschioides*
Cocolitofóridos		*Ponthosphaera siracusana*
Rafidofíceas		*Chattonella marina*

Fuente: elaboración propia con datos de Ceballos 1988, 2006; Cardoso 2001, Tovar 2001, Vargas 2004, Herrera 2009, Mejía 2011, Ahuja 2012.

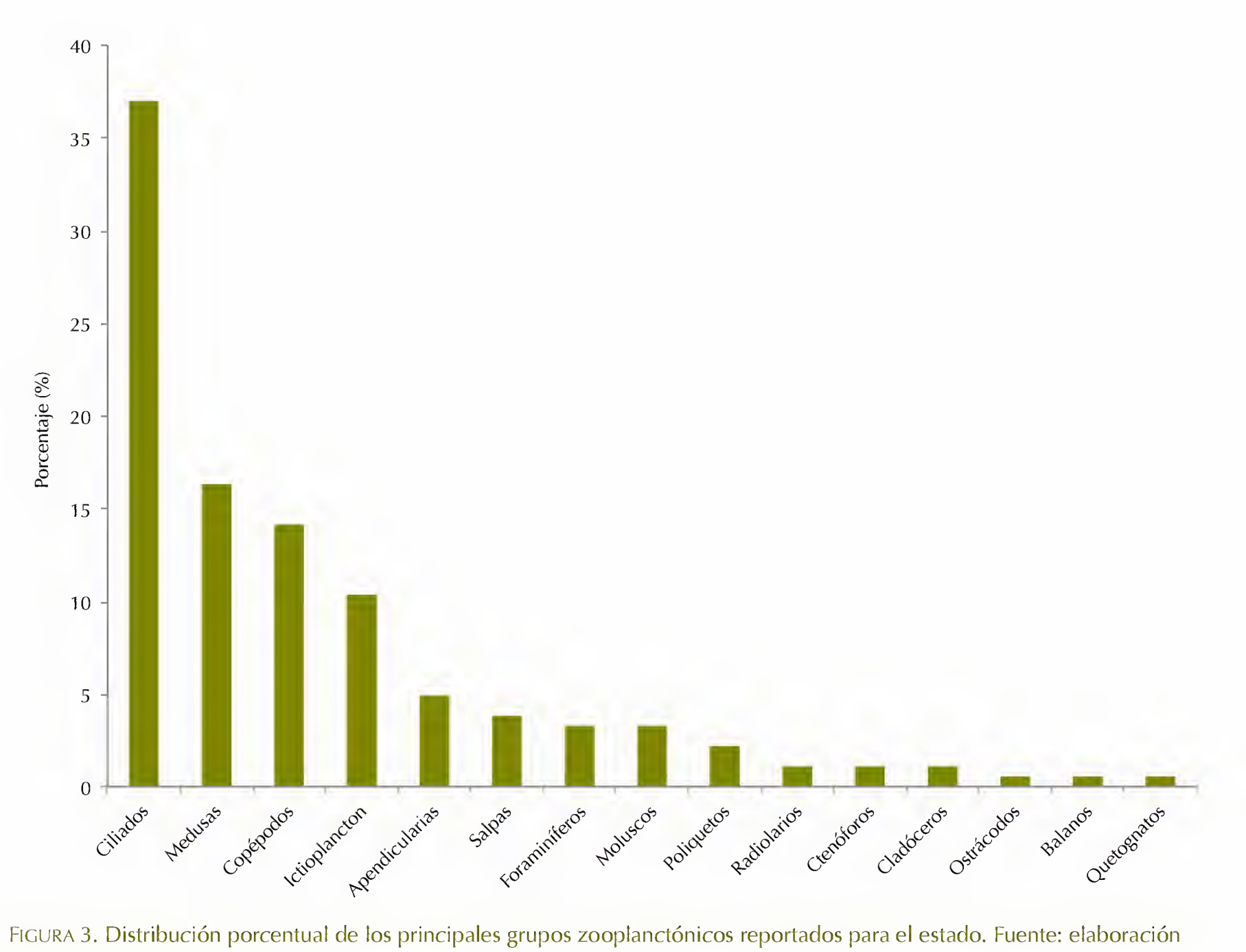


FIGURA 3. Distribución porcentual de los principales grupos zooplanctónicos reportados para el estado. Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 17.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Otro ciliado de importancia ecológica, componente del zooplancton, es *Mesodinium rubrum* (figura 4), el cual también origina mareas rojas, pero no tóxicas. Aunque este organismo está asociado al descenso del oxígeno disuelto, debido a su actividad metabólica se considera también un productor primario, ya que adquiere cloroplastos a partir de la ingesta de microalgas y a su vez es alimento de otros organismos filtradores, como ostiones, almejas y larvas de peces (Cortés-Lara 2002).

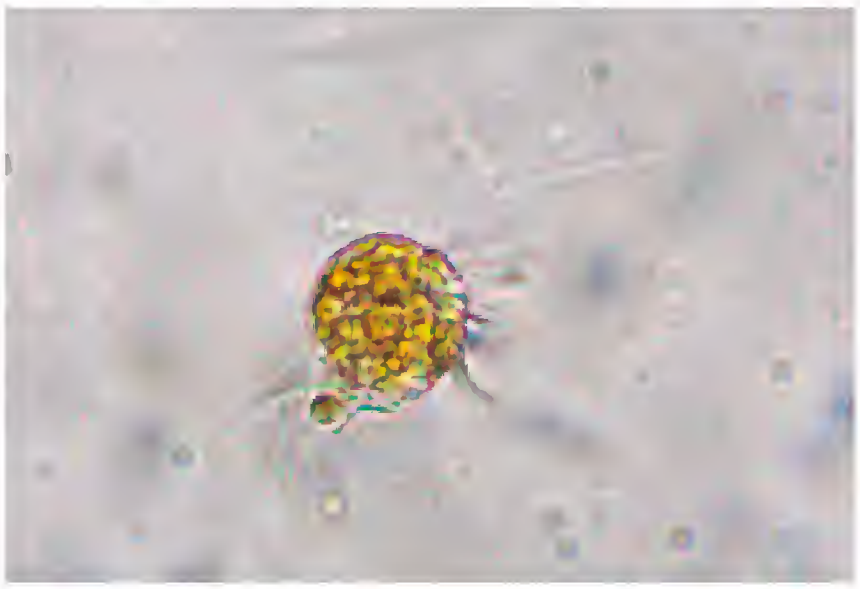


FIGURA 4. El ciliado *Mesodinium rubrum*, productor de mareas rojas no tóxicas. Foto: J. Gerardo A. Ceballos Corona.

Para el caso de los tunicados, la salpa, *Pegea confoederata,* se considera de gran importancia debido a sus hábitos depredadores sobre el fitoplancton, en particular de dinoflagelados como *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*. Esta relación alimentaria al parecer causó en noviembre de 1996 y 2010 la intoxicación de la tortuga negra (*Chelonia mydas*), principal depredador de salpas y medusas en la costa michoacana (Alvarado y Ceballos 1997, Delgado *et al*. 2012).

Con relación al ictioplancton, las únicas observaciones que se han realizado frente a la costa michoacana son las de 1981 (Acal 1991), en donde se reportaron 19 especies (apéndice 17), entre las que destaca la familia Myctophidae por su abundancia y por su distribución (figura 5).

La especie *Bregmaceros bathymaster* (bacalete del pacífico), es la que domina por su abundancia y distribución, ya que se encontró desde Boca de Apiza, en la desembocadura del río Coahuayana, hasta Boca de San Francisco, desembocadura del río Balsas.

Otras especies importantes son *Vinciguerria lucetia* (portalinterna) y *Diogenichthys laternatus* (linternilla), ambas bien representadas en el litoral. Las especies de atunes de importancia comercial corresponden a la familia Scombridae, que se distribuye de forma amplia

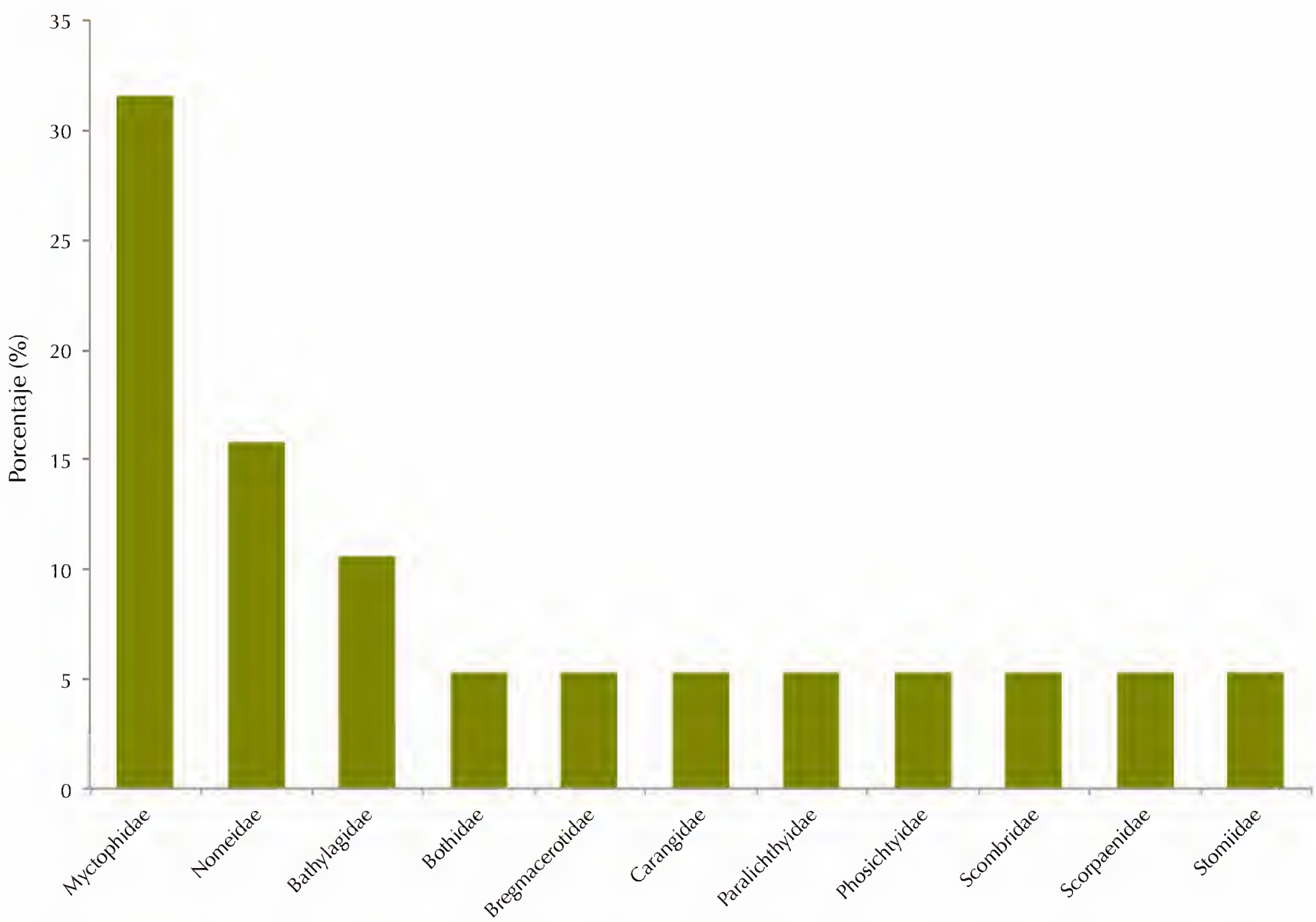


FIGURA 5. Distribución porcentual de las principales familias del ictioplancton de la costa michoacana. Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 17.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

desde la desembocadura del río Coahuayana hasta la del Balsas. El género *Auxis* es el que mayor número de especies tiene registradas, cuatro en total, de las cuales destaca *A. thazard* (bonito).

Otras familias también importantes son: Myctophydae (mictófidos), con *Diaphus pacificus* (linternilla) y *Lampanyctus parvicauda*; Bathylagidae (batilágidos), con *Bathylagoides wesethi* y Nomeidae (noméidos) con *Psenes maculatus*; si bien esa última especie es poco abundante, se encuentra ampliamente distribuida en la costa michoacana.

DISTRIBUCIÓN

A lo largo del año la distribución del plancton en la costa michoacana está muy influenciada por las corrientes locales que trasladan especies de la provincia oceánica a la nerítica y viceversa, así como por el sistema de corrientes dominantes del PTM.

Lo anterior se manifiesta por la presencia en aguas frías de especies del fitoplancton biogeográficamente caracterizadas como de regiones templadas y subtropicales (como las diatomeas *Coscinodiscus subtilis* y *C. wailesii*), y que es posible sean transportadas a las costas michoacanas por la corriente de California, así como también de especies tropicales (los dinoflagelados *Diplopsalopsis bomba*, *Pyrocystis noctiluca* y *Tripos furca*) que generalmente son trasladadas de la zona ecuatorial por la corriente costanera de Costa Rica a la zona centro del PTM (Ceballos 1988).

La distribución regional del fitoplancton se caracteriza por la dominancia de diatomeas en las desembocaduras de los ríos Coahuayana y Balsas, en tanto que los dinoflagelados se presentan de forma más amplia en zonas como Faro de Bucerías, Maruata y Caleta de Campos (Ceballos 1988, 2006; Mejía 2011, Ahuja 2012).

En el caso del zooplancton, especies de copépodos como *Acartia danae*, *Canthocalanus pauper* y *Pareucalanus attenuatus* son abundantes cuando predomina la corriente de California, influyendo de manera importante en su densidad y biomasa. Si bien *Acartia danae* presenta afinidad biogeográfica tropical, muestra preferencia por aguas templado-frías, masas de agua características de la parte más sureña de la corriente de California (González 1987, Vázquez 1997).

En cuanto al zooplancton gelatinoso (invertebrados que carecen de esqueletos calcáreos o silíceos), también se distribuye de acuerdo con la dominancia de las corrientes del PTM, y más de 80% de las especies registradas tienen una afinidad biogeográfica de tropical a subtropical (Gamero 2012).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

El plancton constituye la forma de vida y la fuente de alimento dominante del océano. El fitoplancton, que realiza la fotosíntesis cerca de la superficie del agua, suministra el alimento para el zooplancton, y de forma indirecta para los peces y otros vertebrados marinos que se alimentan de éste.

Como base de la red alimentaria marina el fitoplancton es un indicador de cambios importantes en los océanos, ya que en la fotosíntesis extraen dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, jugando un papel importante en el equilibrio de gases de invernadero que controlan el clima global; tal es el caso de los cocolitofóridos, microalgas abundantes en los océanos y cuyas paredes celulares están compuestas de carbonato de calcio.

Las algas microscópicas del fitoplancton en general pasan por ciclos anuales de rápido incremento y decaimiento. El periodo de crecimiento se llama florecimiento algal y se ha observado en todos los océanos; su aparición depende de la época del año y de la latitud, aunque se encuentran implicados otros factores, sobre todo variables ambientales como: temperatura, salinidad, intensidad lumínica y niveles de nutrientes.

La importancia del zooplancton, sobre todo radica en su importante papel como consumidor primario en la trama alimentaria, ya que asimismo sirve de alimento a otros niveles de la cadena trófica, además forma parte de la "bomba biológica" de carbono hacia el interior del océano (Boxshall 2006), ya que transfiere parte del carbono retenido de la atmósfera por el fitoplancton y lo transporta dentro de la zona eufótica (con la máxima penetración lumínica) en el flujo vertical de la columna de agua hacia estratos más profundos a través de una compleja red trófica.

Durante los florecimientos las microalgas son consumidas por el zooplancton herbívoro, formando parte del alimento de consumidores secundarios, como copépodos y larvas de peces; es así como la materia y energía acumuladas por las microalgas se va transfiriendo hasta llegar a los consumidores de más alto orden, como el humano.

De esa manera son transferidas algunas toxinas al ser humano; sin embargo, muchos elementos zooplanctónicos oponen resistencia ante el aumento de toxinas en el medio, ya sea porque no consumen las especies productoras de las mismas o mediante procesos metabólicos que les permiten resistir a éstas. Como bioindicador, el zooplancton es referencia para masas de agua frías, altas concentraciones de materia orgánica y salinidad, así como para cambios de temperatura y además es un registro fósil.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Los estudios del plancton en la costa michoacana son pocos y discontinuos, la mayoría enfocados en los aspectos taxonómicos, florísticos y faunísticos. Los primeros registros fueron realizados por Gómez (1972), quien examinó sólo el área de la desembocadura del río Balsas, mientras que un estudio más reciente se enfocó al análisis morfológico, merístico y ecológico del zooplancton gelatinoso (Gamero 2012). En general, el análisis del plancton se ha dirigido a las particularidades morfológicas, complementándose más recientemente con atributos morfométricos y ecológicos, mientras que los aspectos de biología molecular no se han abordado, cuando menos para el caso de la costa michoacana.

AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN

Las amenazas para la conservación del plancton están vinculadas a la preservación de los sistemas acuáticos marinos, los cuales cada día se ven más afectados por el derramamiento de aguas contaminadas provenientes de la parte continental a través de las descargas de los ríos. Si bien esta situación está focalizada en la costa michoacana, no queda exenta de incrementarse a medida que avanzan los programas de desarrollo de la zona costera, que se han caracterizado por no presentar un manejo integral. Aunque la extensión de la costa michoacana alcanza cerca de 204 km, la información que existe sobre la calidad de sus aguas es mínima, lo cual conlleva una evaluación poco acertada de las condiciones de estas zonas (INE 2000*a, b*; CIMARES 2010).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

La costa michoacana tiene tres santuarios para la protección de las tortugas marinas: en las playas de Mexiquillo, Maruata y Colola (SEMARNAT 2002); sin embargo, al igual que para las macroalgas, estas áreas naturales protegidas no contemplan bajo su resguardo las aguas que contienen el plancton, convirtiéndose en sitios muy degradados por las actividades humanas, por el vertido al mar de aguas residuales sin tratamiento o por la incorporación de altas concentraciones de sedimentos a través de los ríos debido a la evidente deforestación de las selvas.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Los cocolitofóridos, copépodos, eufáusidos, larvas de camarón y quetognatos, han sido poco estudiados a nivel de especie, pese a que los dos primeros tienen gran importancia por ser de los grupos más abundantes del plancton marino, así como por su función en la transferencia del carbono. Por su parte, las larvas de camarón poseen importancia comercial, pero no han sido aprovechadas por falta de información sobre la presencia o ausencia de este grupo en la costa michoacana.

En el caso del ictioplancton destaca el hecho de que no existen actualizaciones acerca del conocimiento del grupo en la entidad (Acal 1991) aún cuando se han hecho recomendaciones para su estudio por el posible impacto que las descargas de aguas contaminadas del puerto de Lázaro Cárdenas pueden tener sobre esta comunidad (Salas 1985).

CONCLUSIONES

Si bien existe alto número de registros del fitoplancton en la costa michoacana, solamente abarcan los grupos con especies mayores de 20 µm (micrómetros), como son los dinoflagelados, diatomeas y silicoflagelados, en tanto que los grupos con especies menores a 10 µm y de mayor importancia ecológica por la transferencia del carbono en los ecosistemas marinos, como es el caso de los cocolitofóridos, aún no se han estudiado.

Esta situación es preocupante considerando los efectos de acidificación marina como consecuencia del cambio climático global, lo cual puede manifestarse como una cadena de efectos no predecible, que podría iniciar con los cocolitofóridos y su transferencia energética al eslabón inmediato, los copépodos.

El caso del zooplancton es todavía más dramático, ya que se han descuidado los estudios de casi todos los grupos que lo integran. No existen datos actualizados sobre las poblaciones de copépodos, eufáusidos, larvas de camarón e ictioplancton, a pesar de que estos dos últimos grupos tienen implicaciones de tipo comercial.

Es necesario realizar estudios integrales sobre plancton marino y la calidad de las aguas costeras, lo cual resulta urgente para el área de la desembocadura del río Balsas, ya que se desconoce la afectación que puedan estar provocando las descargas de aguas contaminadas, especialmente en la comunidad del ictioplancton. Asimismo, es conveniente llevar a cabo una evaluación de las condiciones en que se encuentran las comunidades de copépodos, considerando que estos son el eslabón entre productores primarios y consumidores secundarios, como los peces y, finalmente, evaluar la posible presencia de larvas de camarón.

REFERENCIAS

Acal, E.D. 1991. Abundancia y diversidad del ictioplancton en el Pacífico centro de México. *Ciencias Marinas* 17(1):25-50.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ahuja J., Y. 2012. *Diatomeas potencialmente nocivas de un florecimiento algal durante un ciclo nictimeral frente a la bahía de Maruata, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Alvarado D., J. y G. Ceballos C. 1997. Mortalidad de tortuga negra en el Pacífico mexicano: posible implicación de la marea roja. *Ciencia Nicolaita. Revista de la Coordinación de Investigación Científica, UMSNH* 15:77-82.

Andrade-Hernández, S.F. y J.G.A. Ceballos-Corona. 2012. Composición taxonómica del zooplancton en la desembocadura del río Balsas ("Boca de La Necesidad"), Lázaro Cárdenas, Michoacán. En: *Memorias del XVII Congreso Nacional de Oceanografía*. Campeche.

Boxshall, G.A. 2006. Life suspended in water: the plankton. En: *The exploration of marine biodiversity: scientific and technological challenges.* C.M. Duarte (ed.). Fundación BBVA, Bilbao, pp. 93-115.

Cardoso L., M.L. 2001. *Sistemática y distribución de la familia Biddulphyaceae Kützing (Chrysophyta: Centrales) en el Pacífico Oriental Tropical Mexicano entre Jalisco y Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ceballos-Corona, J.G.A. 1988. *Contribución al conocimiento de la composición y distribución del fitoplancton de la bahía de Maruata, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2005. Fitoplancton: los tintínidos de la provincia nerítica de la costa del estado de Michoacán. En: *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado.* L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

——. 2006. *Análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos en el fitoplancton de la zona nerítica de la costa michoacana.* Tesis de maestría en manejo y conservación de recursos naturales. UMSNH, Michoacán.

Cifuentes L., J.L., M. del P. Torres-García y M. Frías M. 1987. *El océano y sus recursos, V. Plancton.* La ciencia desde México 35. FCE, México.

CIMARES. Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas. 2010. En: *<http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/participacion/consultaspublicas/marescostasymanglares/Documents/dcto_trab_22oct10_conspub.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

Cortés-Lara, M.C. 2002. Primer registro de una marea roja del 2002. Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Biomédica* 13:229-230. En: *<http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb0213310.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

Delgado T., C., G. Ceballos C. y R. Lemus F. 2012. Massive mortality of black sea turtle *(Chelonia mydas agassizii)* on Michoacán coast, México. En: *Proceedings of the thirty-first annual symposium on sea turtle biology and conservation.* T.T. Jones y B.P. Wallace (comp.). NOAA Technical Memorandum NOAA NMFS-SEFSC-631, California, pp. 297.

Franco-Gordo, C. 2009. Informe final del proyecto SNIB-CONABIO NO. EJ008. Base de datos y colección de distintos grupos del zooplancton de regiones marinas prioritarias de Jalisco y Colima en el Pacífico mexicano. En: *<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfEJ008.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

Gamero M., E. 2012. *Análisis de la composición y distribución del zooplancton gelatinoso en el Pacífico Tropical Mexicano en la primavera del 2011.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Gómez A., S. 1972. Fitoplancton del crucero UMITAKA-MARU-30 (15-22 diciembre 1965) en las costas del Pacífico Mexicano. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 33:31-46.

González S., S. 1987. *Estudio preliminar sobre la composición del zooplancton de la bahía de Maruata, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hernández-Becerril, D.U. y R. Alonso-Rodríguez. 2004. Study of the marine planktonic dinoflagellate *Ceratium divaricatum* (Dinophyceae), a confused and considerably variable species. *Phycological Research* 52:346-354.

Hernández-Becerril, D.U., R. Alonso-Rodriguez, C. Álvarez-Gongora *et al.* 2007. Toxic and harmful marine phytoplankton and microalgae (HABs) in mexican coasts. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 42:1349-1363.

Hernández-Becerril, D.U., J.G.A. Ceballos-Corona, K. Esqueda-Lara *et al.* 2008. Marine planktonic dinoflagellates of the order Dinophysiales (Dinophyta) from coasts of the tropical Mexican Pacific, including two new species of the genus *Amphisolenia*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(1):1-15.

Hernández-Becerril, D.U., E. Bravo-Sierra, J.G.A. Ceballos-Corona *et al.* 2010*a*. Morphology and taxonomy of the marine planktonic dinoflagellate *Centrodinium pulchrum* Böhm (Dinophyta) from the tropical Mexican Pacific, with comments on the taxonomy and distribution of the genus *Centrodinium*. *Phycologia* 49(5):461-470.

Hernández-Becerril, D.U., P. Herrera-Hernández, A. Pérez-Mendoza y J.G.A. Ceballos-Corona. 2010*b*. Marine planktonic diatoms of the order Rhizosoleniales (Bacillariophyta) from the tropical Mexican Pacific. *Vie et milieu-life and environment* 60(2):93-105.

Herrera H., P. 2009. *Morfología, taxonomía y ecología de diatomeas planctónicas de las familias Rhizosoleniaceae y Probosciaceae (Coscinodiscophyceae), en el Pacífico tropical mexicano.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

INE. Instituto Nacional de Ecología. 2000*a*. Calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. En: *<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/308.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

——. 2000*b*. Estrategia ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México. Propuesta. Retos para el desarrollo sustentable. En: *<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/251.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

Meave del Castillo, M.E. 2002. Informe final del proyecto SNIB-CONABIO No. S151 Diatomeas marinas planctónicas de la zona costera del Pacífico Tropical Mexicano. En: *<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfS151.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

——. 2006. Informe final del proyecto SNIB-CONABIO No. BA008 Diatomeas (Bacillariophyceae), dinoflagelados (Dinophyceae) y silicoflagelados (Dictyochophyceae) marinos del Pacífico mexicano, con énfasis en la porción tropical. En: *<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfBA008%20parte%201.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

Meave del Castillo, M.E., M.E. Zamudio Reséndiz, Y.B. Okolodkov e I.H. Salgado Ugarte. 2003. *Ceratium balechii* sp. nov. (Dinophyceae: Gonyaulacales) del Pacífico mexicano. *Hidrobiológica* 13(1):75-91.

Mejía M., A. 2011. *Análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos de un florecimiento algal durante un ciclo nictimeral frente a la bahía de Maruata, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Orellana-Cepeda, E., E. Martínez-Romero, I. Muñoz-Cabrera *et al.* 1998. Toxicity associated with blooms of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in southwestern México. En: *Harmful algae news*. IOC-UNESCO, p. 60.

Ramírez-Camarena, L., C. Muñoz, E. Cabrera M. *et al.* 1996. Identificación de la marea roja frente a la costa suroeste de México en oct-dic, 1995. En: *I Reunión Internacional de Planctología y VIII Reunión Nacional de la Sompac*. A. Esquivel R. (ed.). Michoacán, p. 47.

Salas, H.J. 1985. Informe técnico 340: aspectos técnicos de los emisores submarinos de Mazatlán y Lázaro Cárdenas (FERTIMEX), México. En: *<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/016680.pdf>*, última consulta: 19 de julio de 2013.

Sierra-Beltrán, A.P, D.B. Lluch-Cota, S.E. Lluch-Cota *et al.* 2004. Dinámica espacio-temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. *Revista de Biología Tropical* 52(1):99-107.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Acuerdo por el que se determinan como áreas naturales protegidas, con la categoría de santuarios, a las zonas de reserva y sitios de refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortuga marina, ubicadas en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Tamaulipas y Yucatán, identificadas en el decreto. Publicado el 29 de octubre de 1986 en el DOF, última reforma 16 de julio de 2002.

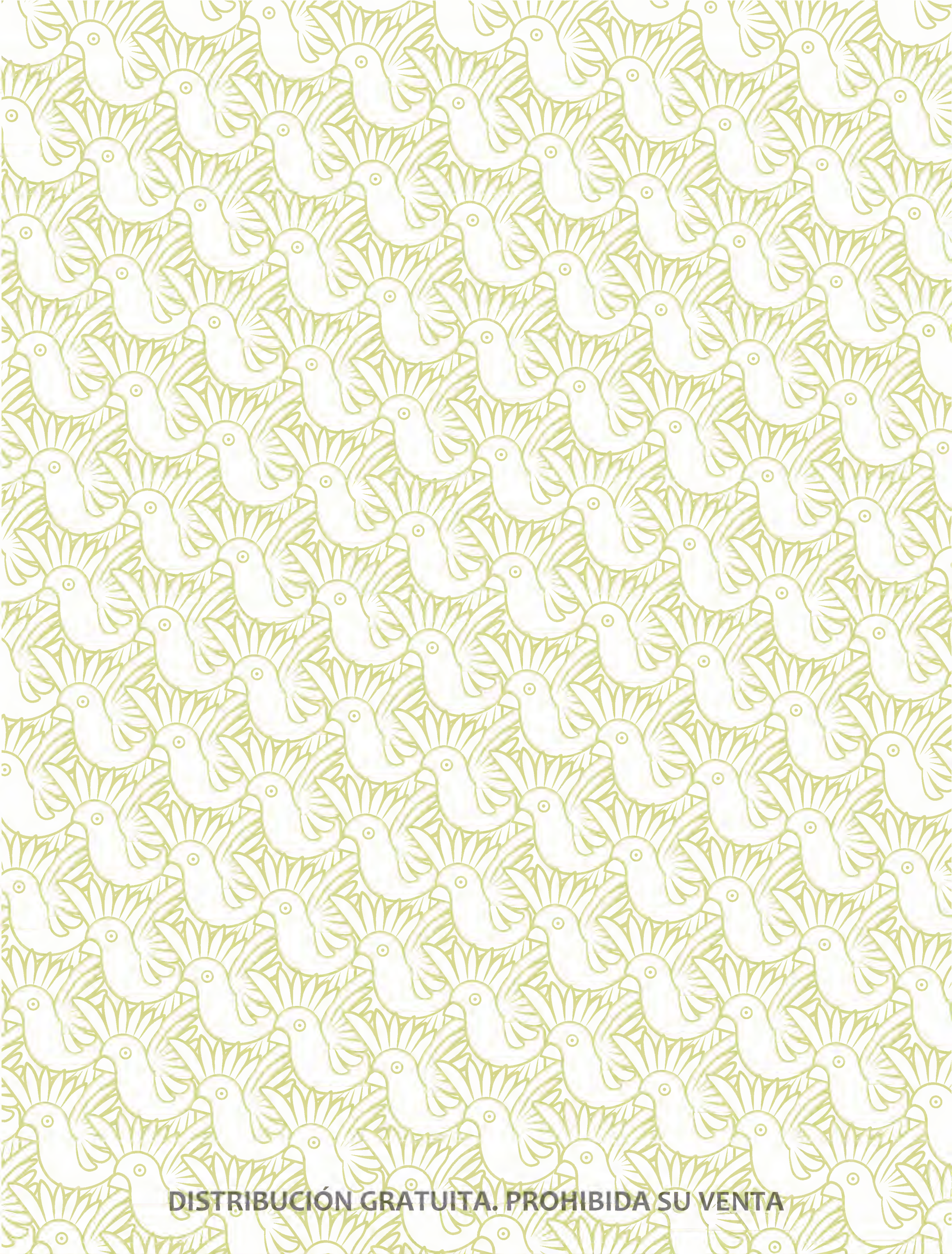
Toledano E., C. 2003. *Sistemática y distribución de la familia Coscinodiscaceae en la zona costera de los estados de Michoacán y Colima*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Tovar S., M.A. 2001. *Sistemática y distribución del orden Dinophysiales Lindermann 1928, Dinophyta (=Pyrrophyta), en el Pacífico oriental tropical mexicano, entre Jalisco y Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Vargas T., R. 2004. *Sistemática y distribución del género Ceratium Schrank (Ceratiaceae: Dinophyta) en la zona costera de los estados de Michoacán y Colima*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Vázquez L., N.Y. 1997. *Copépodos planctónicos (Orden Calanoida) en cinco localidades de Zihuatanejo, Guerrero, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Dinoflagelados planctónicos formadores de mareas rojas

JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA, ALEJANDRO MEJÍA MAYA, DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL, ALEJANDRO RAFAEL MORALES BLAKE, SOFÍA ALIDA BARÓN CAMPIS Y MÓNICA CRISTINA RODRÍGUEZ PALACIO

INTRODUCCIÓN

Los dinoflagelados son un grupo de microalgas que se caracterizan por presentar células divididas por un surco transversal llamado cíngulo y otro longitudinal denominado sulcus, además de poseer una pared celular que puede o no estar cubierta por placas (Fensome *et al.* 1993).

En general, pasan por ciclos anuales de rápido incremento y abatimiento; el primero se caracteriza por un aumento y proliferación durante dos a tres semanas, tiempo en el que cada individuo puede multiplicarse en miles o millones de su tipo, lo cual conlleva comúnmente a la coloración del agua de un tono rojizo (fenómeno conocido como marea roja) o verde, dependiendo de la dominancia de las especies, por lo cual reciben el nombre de florecimientos algales nocivos, FAN o HAB por sus siglas en inglés (Harmful Algal Blooms; GEOHAB 2001).

En el Pacífico tropical mexicano (PTM) este fenómeno llega a presentarse de finales de marzo a principios de mayo, coincidiendo con cambios en las corrientes marinas y la presencia de surgencias; en ocasiones estos eventos también llegan a manifestarse de mediados de noviembre a principios de diciembre y se caracterizan por la proliferación de microalgas tóxicas o especies perjudiciales que causan un impacto negativo en los recursos naturales o humanos.

Para considerar un FAN como tóxico o perjudicial se debe tomar en cuenta el incremento de la abundancia de una especie sobre el promedio de las otras, en un área geográfica específica (FWRI 2003).

Si bien existe amplia información sobre las algas dañinas que producen los FAN, hay vacíos críticos en aspectos fisiológicos, ecológicos y de conducta de las microalgas que los producen; además, se desconocen las interacciones con las variables ambientales que promueven la selección de una especie sobre otra.

De las cinco mil especies de fitoplancton marino descritas en el mundo, dos mil corresponden a dinoflagelados, de los cuales 300 pueden reproducirse de forma masiva formando FAN (Hallegraeff 2003).

FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS (FAN) EN EL PACÍFICO TROPICAL MEXICANO

Para el caso de aguas del PTM se han identificado cerca de 157 especies formadoras de FAN y las consideradas potencialmente nocivas van de 60 a 157 (Cortés y Hernández 1998, Hernández-Becerril 2003), de ellas 27 son consideradas tóxicas. En la costa de Michoacán se han registrado 22 especies (14.02%) potencialmente nocivas, de las cuales 10 (6.35%), corresponden a especies de dinoflagelados tóxicos (Ceballos 2006).

La falta de seguimiento de estos eventos ha provocado problemas que afectan de manera directa el trabajo de las cooperativas de pescadores y las actividades turísticas, pues una mala interpretación del fenómeno trae como consecuencia la prohibición de la captura de ciertas especies marinas, principalmente bivalvos de importancia comercial, como es el caso del ostión de roca (*Striostrea primatica*), que es consumido tanto local como regionalmente.

El fenómeno de los FAN está regulado por la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-005-SSA1-2001 (SS 2001), donde se establecen los valores máximos permisibles en las fases de precontingencia y contingencia para el consumo de moluscos bivalvos (ostión, almeja, mejillón y escalopas) que son extraídos en áreas donde se presentan estos problemas, ello para evitar afectar la salud de las poblaciones humanas por el consumo de productos contaminados (cuadro 1).

El Comité Técnico Jurisdiccional de Marea Roja núm. 16 de la costa de Michoacán, establecido en el puerto de Lázaro Cárdenas, es el organismo encargado de emitir el plan de contingencia ambiental durante un FAN; éste se apoya en el Laboratorio Estatal de Salud Pública del estado de Guerrero para la detección de toxinas. En la figura 1 se muestran los sitios donde se han presentado FAN en la costa michoacana.

En el cuadro 2 se detallan los eventos de FAN a partir de 1995, y en el cuadro 3 se registran las especies potencialmente nocivas y sus efectos.

Ceballos-Corona, J.G.A., A. Mejía-Maya, D.U. Hernández-Becerril, A. Morales-Blake, S.A. Barón-Campis y M.C. Rodríguez-Palacio. 2019. Dinoflagelados planctónicos formadores de mareas rojas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 105-110.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Niveles máximos permisibles para toxinas y densidad celular de dinoflagelados en fase de precontingencia y contingencia.

Toxinas y densidad celular	Límite máximo permisible	Límite máximo permisible
	Fase precontingencia*	Fase contingencia*
Ácido domoico	100 PPM	200 PPM
Brevetoxina	10 UR/100 g de carne	20 UR/100 g de carne
Saxitoxina	40 µg/100 g de carne	80 µg/100 g de carne
Densidad celular en fitoplancton	2 500 cel/l	5 000 cel/l

PPM: partes por millón, UR: unidades ratón. *Para que inicie la fase de precontingencia o contingencia se requiere que cuando menos una muestra rebase los niveles de concentración indicados. En el caso de la densidad celular del fitoplancton se deben tener al menos tres muestras diferentes que rebasen los niveles de concentración indicados. Fuente: SS 2001.

CUADRO 2. Eventos de florecimientos algales nocivos (FAN) a partir de 1995 hasta el 2011 en la costa michoacana (PTM).

Periodo	Especies	Áreas afectadas	Referencias
Abril 1985	*Noctiluca scintillans*	Maruata	Ceballos 1988
Noviembre 1995-febrero 1996	*Pyrodinium bahemense* var. *compressum*	Boca de La Necesidad, El Bejuco y Las Peñas, Caletilla (municipio de Lázaro Cárdenas), Pichilinguillo, El Naranjito, Colola y Maruata (municipio de Aquila)	Alvarado *et al.* 1996, Ramírez *et al.* 1996, Alvarado y Ceballos 1997, Hernández-Becerril *et al.* 2007, Band-Schmitd *et al.* 2011
Diciembre 1995	*Ceratium divaricatum* var. *balechii, Tripos furca, Dinophysis caudata, Prorocentrum micans*	Faro de Bucerías (municipio de Aquila)	Comunicación personal
Noviembre 1996	*Noctiluca scintillans*	Boca de La Necesidad	Ceballos *et al.* 1996
Junio 1996	*Ceratium divaricatum* var. *balechii*	Faro de Bucerías	Hernández-Becerril y Alonso-Rodríguez 2004
Abril 2000	*C. divaricatum* var. *balechii* (*C. balechii*)	Faro de Bucerías	Meave del Castillo *et al.* 2003
Enero 2001	*C. divaricatum* var. *balechii*	Boca de La Necesidad y Faro de Bucerías	Vargas 2004
Mayo 2004	*Akashiwo sanguinea, Gyrodinium instriatum, G. spirale, Alexandrium catenella, Ceratium divaricatum* var. *balechii, Tripos furca, Gambierdiscus toxicus, Protoperidinium crassipes, P. oceanicum*	Boca de La Necesidad y Caleta de Campos (municipio de Lázaro Cárdenas)	Ceballos 2006
Abril-mayo 2007	*Gymnodinium catenatum*	Carrizalillo y Caleta de Campos (municipio de Lázaro Cárdenas), Maruata	Comunicación personal
Junio 2007	*Cochlodinium polykrikoides*	Boca de La Necesidad	Comunicación personal
Junio 2007	*C. divaricatum* var. *balechii*	Boca de La Necesidad	Comunicación personal
Abril 2009	*C. divaricatum* var. *balechii*	Maruata	B/O El Puma, campaña oceanográfica MAREA-RI
Mayo 2010	*Gyrodinium instriatum, G. spirale, Gymnodinium catenatum, Akashiwo sanguinea, Prorocentrum micans*	Maruata	Comunicación personal B/O El Puma campaña oceanográfica MAREA-RII
Octubre-noviembre 2010	*Pyrodinium bahemense* var. *compressum*	Maruata y Colola (municipio de Aquila)	Delgado *et al.* 2012

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

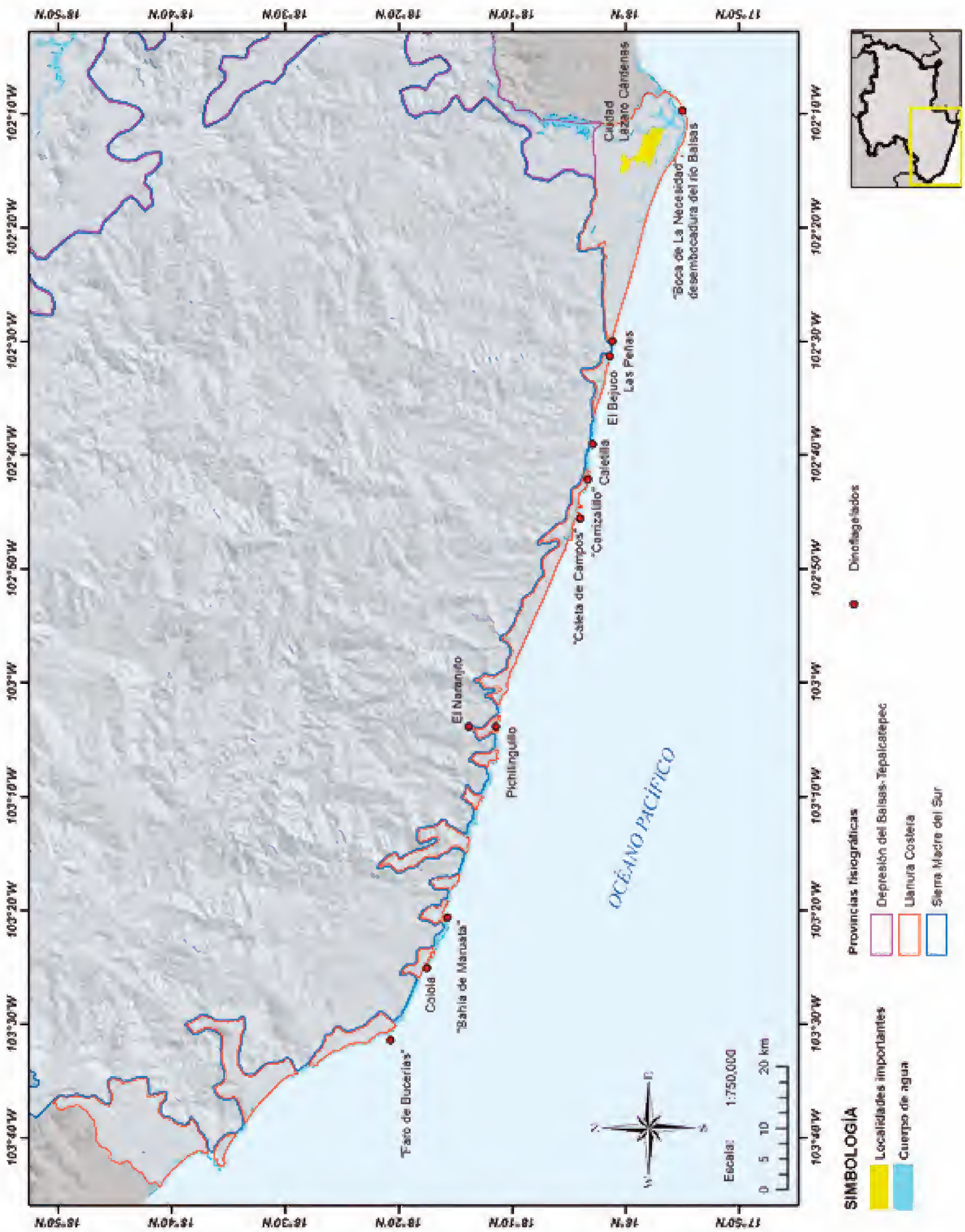


FIGURA 1. Sitios donde se han registrado FAN a partir de 1995. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Especies de dinoflagelados potencialmente nocivos presentes en la costa michoacana (PTM).

Especies	Toxinas	Afección
Akashiwo sanguinea	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
Alexandrium catenella	Saxitoxina y gonyautoxina	PSP
Amylax triacantha	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
Ceratium divaricatum var. *balechii*	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
Tripos furca	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
T. fusus	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
Cochlodinium polykrikoides	Altamente ictiotóxica (se desconoce la toxina)	Muerte de peces
Dinophysis caudata	Dinophysistoxina y ácido okadaico	DST
D. fortii	Dinophysistoxina y ácido okadaico	DST
Phalacroma mitra	Dinophysistoxina y ácido okadaico	DST
Gonyaulax polygramma	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
G. spinifera	Yessotoxina	DST
Gymnodinium catenatum	Saxitoxina	PSP
Gyrodinium instriatum	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
G. spirale	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
Lingulodinium polyedra	Saxitoxina, ictiotoxina y yessotoxina	PSP y DST
Noctiluca scintillans	No tóxica pero sí nociva Amonio	Muerte por anoxia
Prorocentrum micans	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
P. triestinum	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia
Protoperidinium crassipes	Azaspiracido	DST
Pyrodinium bahemense var. *compressum*	Saxitoxina	PSP
Scrippsiella trochoidea	No tóxica pero sí nociva	Muerte por anoxia

PSP: intoxicación paralítica por consumo de mariscos, DST: intoxicación diarreica por consumo de moluscos.
Fuente: elaboración propia con datos de Faust y Gulledge 2002, Stewart 2005, Ceballos 2006.

En 1995 se presentaron los sucesos más nocivos, asociados al fenómeno de los FAN, de los que se tiene registro en las costas del PTM. A lo largo del tiempo hubo un cambio en la comunidad de dinoflagelados tóxicos a partir de los primeros reconocimientos sistemáticos realizados, donde *Pyrodinium bahemense* var. *compressum*, resultó la especie más letal que se haya presentado, no sólo en las costas michoacanas, sino a lo largo del PTM (desde Michoacán hasta Chiapas), pues la proliferación de esta especie tuvo consecuencias lamentables que incluyeron decesos humanos por el consumo de moluscos bivalvos (ostiones) contaminados con saxitoxina; además de la mortandad de la tortuga negra, ocurrida desde Guerrero hasta Michoacán (Alvarado y Ceballos 1997).

Posteriormente, *P. bahemense* var. *compressum* desapareció y se registró a *Cochlodinium polykrikoides* y *Gymnodinium catenatum* (figura 2), durante el periodo comprendido entre abril de 1996 a mayo de 2010. No obstante, entre los meses de octubre y noviembre del 2010 se volvió a registrar la presencia

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de *P. bahamense* var. *compressum* asociada a mortandades de tortugas negras (Delgado *et al.* 2012).

Los registros de FAN posteriores a 1995 fueron detectados a tiempo y las consecuencias nocivas disminuyeron de forma considerable. En 2004 se vieron afectadas las cooperativas de pescadores a raíz de la emisión de una alerta preventiva por la presencia de *Akashiwo sanguinea* y *Gymnodinium catenatum*, motivo por el cual se dejaron de capturar 200 toneladas de ostiones, evitando con ello desde intoxicaciones leves hasta decesos humanos (Ceballos 2006).

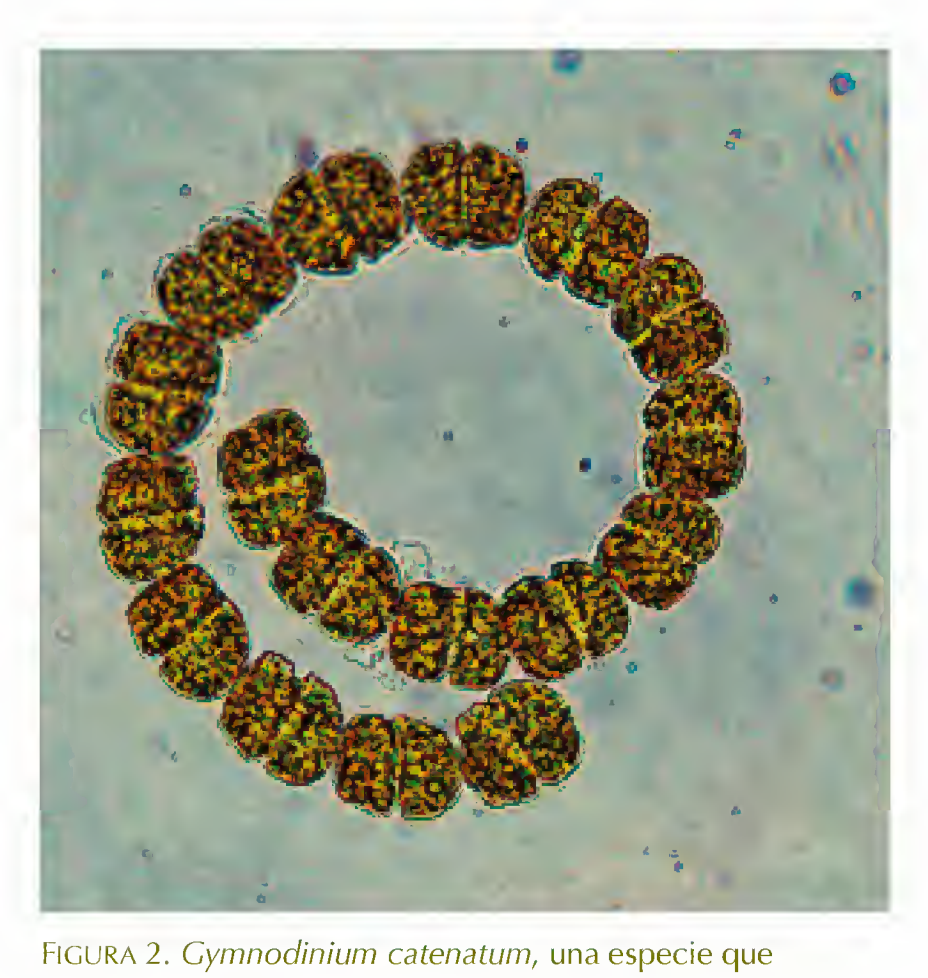


FIGURA 2. *Gymnodinium catenatum*, una especie que provoca intoxicación paralítica por consumo de mariscos. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

CONCLUSIONES

El estudio de las especies nocivas de plancton, tóxicas o no, ha tenido poco avance, ya que se carece de un laboratorio especializado en la costa michoacana que permita realizar estudios *in situ* de los fenómenos de marea roja y otros florecimientos algales nocivos, así como de sus implicaciones sociales y comerciales.

Después de sortear trámites burocráticos innecesarios, las muestras tienen que ser procesadas fuera del estado, ya que solo existe un laboratorio de sanidad acuática certificado en toda la costa del PTM, ubicado en Acapulco, Guerrero. Es urgente reactivar los programas de seguimiento de mareas rojas considerados en las normas de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

REFERENCIAS

Alvarado V., R., J.G.A. Ceballos C., M.R. Ortega M. *et al.* 1996. Evaluación del fitoplancton de las playas El Salto y El Naranjito, municipio de Aquila, Michoacán, y su relación con una posible marea roja. En: *Memoria IV Simposio: La investigación y el desarrollo tecnológico en Michoacán, VI Encuentro universitario de investigación científica, tecnológica y humanística y IX Reunión regional científica y técnica: forestal y agropecuaria*. Michoacán.

Alvarado D., J. y G. Ceballos C. 1997. Mortalidad de tortuga negra en el Pacífico mexicano: posible implicación de la marea roja. *Ciencia Nicolaita, Revista de la Coordinación de la Investigación Científica,* UMSNH 15:77-82.

Band-Schmidt, C.J., J.J. Bustillos-Guzmán, D.J. López-Cortés *et al.* 2011. El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica* 21(3):381-413.

Ceballos C., J.G.A., M.S. Aguilera R., S. González S. *et al.* 1996. Evaluación de la calidad del agua de la desembocadura del río Balsas y zonas aledañas, con respecto a los parámetros fisicoquímicos y la comunidad planctónica. En: *Memoria IV Simposio: La investigación y el desarrollo tecnológico en Michoacán, VI Encuentro universitario de investigación científica, tecnológica y humanística y IX Reunión regional científica y técnica: forestal y agropecuaria*. Michoacán.

Ceballos C., J.G.A. 2006. *Análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos en el fitoplancton de la zona nerítica de la costa michoacana.* Tesis de maestría en manejo y conservación de recursos naturales. UMSNH, Michoacán.

Cortés A., R. y D.U. Hernández B. 1998. Especies responsables y probables de mareas rojas. En: *Las mareas rojas.* A.R. Cortés (comp.). ATG editor, S.A. México, pp. 43-79.

Delgado T., C., G. Ceballos C. y R. Lemus F. 2012. Massive mortality of black sea turtle (*Chelonia mydas agassizii*) on Michoacán coast, México. En: *Proceedings of the thirty-first annual symposium on sea turtle biology and conservation*. T.T. Jones y B.P. Wallace (comps.). NOAA Technical Memorandum NOAA NMFS-SERSC-631.

Faust, M.A. y R.A. Gulledge. 2002. Identifying harmful marine dinoflagellates. *Smithsonian Institution Contributions from the United States National Herbarium* 42:1-144.

Fensome, R.A., F.J.R. Taylor, G. Norris *et al.* 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology.* Special Publication number 7. American Museum of Natural History, Sheridan Press, EUA.

FWRI. Fish and Wildlife Research Institute. 2003. What is a harmful algal bloom? Florida Marine Research Institute. En: *<http://www.floridamarine.org/dg.lts/id.4060/features.view_articule.htm>*, última consulta: 19 de julio de 2013.

GEOHAB. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms. 2001. Global ecology and oceanography of harmful algal blooms. En: *Science Plan*. P. Glibert y G. Pitcher (eds.). *SCOR y IOC*, Baltimore y Paris.

Hallegraeff, G.M. 2003. Harmful algal blooms: a global overview. En: *Manual on harmful marine microalgae*. G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson y A.D. Cembella (eds.), vol 11. IOC-UNESCO, pp. 25-49.

Hernández-Becerril, D.U. 2003. La diversidad del fitoplancton marino de México. Un acercamiento actual. En: *Planctología mexicana*. M.T. Barreiro-Güemes, M.E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon y M.G. Figueroa-Torres (eds.). Sociedad Mexicana de Planctología, A.C., México, pp. 1-18.

Hernández-Becerril, D.U. y R. Alonso-Rodríguez 2004. Study of the marine planktonic dinoflagellatae *Ceratium divaricatum*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Dinophyceae), a confued and considerably variable species. *Phycological Research* 52:346-354.

Hernández-Becerril, D.U., R. Alonso-Rodríguez, C. Álvarez-Gongora *et al.* 2007. Toxic and harmful marine phytoplankton and microalgae (HABs) in mexican coasts. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 42:1349-1363.

Meave del Castillo, M.E., M.E. Zamudio R., Y.B. Okolodkov y I.H. Salgado U. 2003. *Ceratium balechii* sp. nov. (Dinophyceae: Gonyaulacaceae) from the mexican pacific. *Hidrobiológica* 13(1):75-91.

Ramírez C., C., L. Muñoz C., E. Cabrera M. *et al.* 1996. Identificación de la marea roja frente a la costa suroeste de México. En: I Reunión Internacional de Planctología y VIII Reunión Nacional de la SOMPAC. Sociedad Mexicana de Planctología, Michoacán.

SS. Secretaría de Salud. 2001. Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-005-SSA1-2001, Salud Ambiental. Especificaciones sanitarias para el control de los moluscos bivalvos expuestos a la marea roja. Criterios para proteger la salud de la población. Publicada el 17 de diciembre de 2001 en el DOF. Texto vigente.

Stewart, R.R. 2005. Department of Oceanography. Harmful Algal Blooms. En: *<http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/harmfulagalblooms.htm>*, última consulta: 19 de julio de 2013.

Vargas T., R. 2004. *Sistemática y distribución del género Ceratium* Schrank *(Ceratiaceae: Dinophyta) en la zona costera de los estados de Michoacán y Colima*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El zooplancton gelatinoso

EDGAR GAMERO MORA, JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA Y ALEJANDRO RAFAEL MORALES BLAKE

El zooplancton gelatinoso está compuesto por invertebrados que carecen de esqueletos calcáreos o silíceos; estos organismos tienen una consistencia gelatinosa y presentan cuerpos compuestos de 95% o más de agua, además de un contenido de carbono que representa entre 10 y 35% de su peso seco (Raskoff *et al.* 2003). Su cuerpo está formado por una sustancia acelular de consistencia similar a la gelatina llamada mesoglea, la cual es capaz de retener una gran cantidad de agua, lo que permite al animal conservar la forma e integridad de sus tejidos; también es la responsable de la flotabilidad y la transparencia que caracteriza a este grupo (Failla 2010).

Esta comunidad está integrada en su mayoría por medusas (Cnidaria: Medusozoa), además de ctenóforos (Ctenophora) y tunicados (Thaliacea). Estos organismos tienen un alto valor ecológico y económico, son magnífico material para el estudio de movimiento de masas de agua debido a su escasa movilidad (Fagetti 1973), además, juegan un papel importante en el ciclo del carbono y la transferencia de energía en los ecosistemas (Bailey *et al.* 1995).

Sin embargo, es poco lo que se conoce sobre la composición y distribución del zooplancton gelatinoso en el Pacífico tropical mexicano (PTM). Económicamente, son importantes debido a sus hábitos alimenticios, ya que las especies de medusas más grandes son depredadoras de peces considerados de importancia económica, así como por el impacto turístico que llegan a ocasionar en las playas, ya que cuando se encuentran en aguas cercanas a esas zonas o sobre la arena pueden ocasionar serías urticaciones en la piel. El estudio de las medusas es imprescindible desde el aspecto médico, puesto que pueden ocasionar graves daños a la salud del ser humano, incluso la muerte (Lira *et al.* 1989).

En la primavera de 2011 se realizó la campaña oceanográfica Marea R-III a bordo del B/O El Puma, en el PTM, frente a los estados de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. Se registraron un total de 33 especies, de las cuales 27 se observaron en las zonas correspondientes a Maruata y Lázaro Cárdenas, presentándose en la costa michoacana la mayor riqueza específica para el PTM, 81.82%, seguida por las ubicadas en Colima, Jalisco, finalmente Guerrero (cuadro 1).

CUADRO 1. Especies de zooplancton gelatinoso, por grupos, para la costa michoacana.

Phylum	Especies
Cnidaria	*Calycopsis simplex, Sphaerocoryne bedoti, Porpita porpita, Solmundella bitentaculata, Cunina octonaria, Abylopsis eschscholtzi, A. tetragona, Chelophyes contorta, Diphyes bojani, D. dispar, Eudoxoides mitra, Muggiaea atlantica, Hippopodius hippopus, Sphaeronectes irregularis, Agalma elegans, Liriope tetraphylla, Aglaura hemistoma, Rhopalonema velatum, Vogtia glabra, Lychnagalma utricularia, Pelagia noctiluca*
Ctenophora	*Pleurobrachia pileus, Beroe cucumis*
Chordata	*Thalia democratica, Iasis cylindrica, Dolioletta gegenbauri, Doliolum nationalis*

Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 17.

Hay una notoria dominancia de las medusas (Cnidaria, figura 1) seguidas de los tunicados (Chordata) y los ctenóforos (Ctenophora). Es importante destacar que aproximadamente 15% de las especies reportadas corresponden a registros raros; la mayoría se registró en la zona de Maruata.

Con relación a la abundancia relativa de las especies (figura 2), el tunicado *Dolioletta gegenbauri* (figura 3) alcanzó los valores más altos; mientras que los cnidarios *Solmundella bitentaculata* y *Cunina octonaria* (figura 4), fueron las especies de menor abundancia relativa.

Una de las especies más importantes en el zooplancton gelatinoso es el cnidario *Pelagia noctiluca*; aun cuando se considera oceánica se le ha detectado con abundancias elevadas (155 org/1 000 m^3) en zonas cercanas a la provincia nerítica, área ubicada sobre la plataforma continental, aproximadamente a 11 km de la línea de costa (Gamero 2012). Esta especie está relacionada con la producción de sustancias neurotóxicas, hemolíticas y citolíticas (Mariottini *et al.* 2008, Sánchez-Rodríguez y Lucio-Martínez 2011), que pueden produ-

Gamero-Mora, E., J.G.A. Ceballos-Corona y A. Morales-Blake. 2019. El zooplancton gelatinoso. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 111-114.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

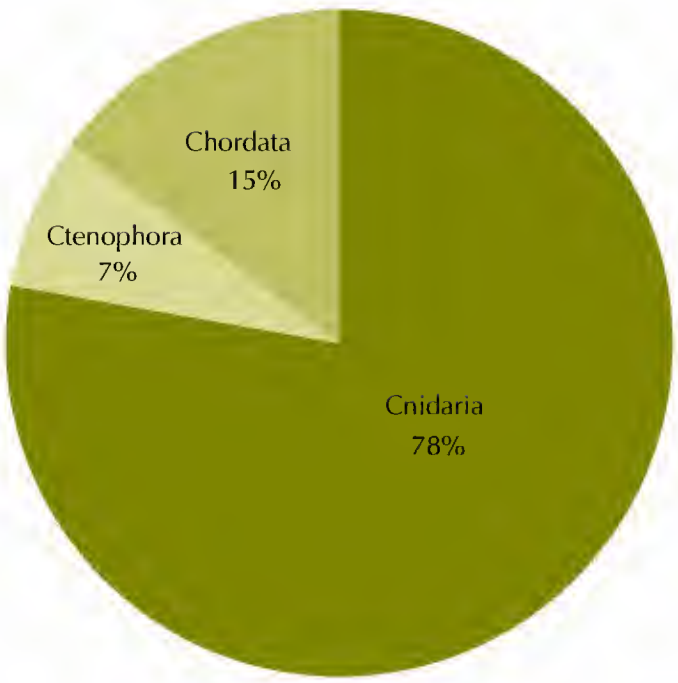


FIGURA 1. Distribución porcentual de los grupos de zooplancton gelatinoso para el área de estudio. Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 17.

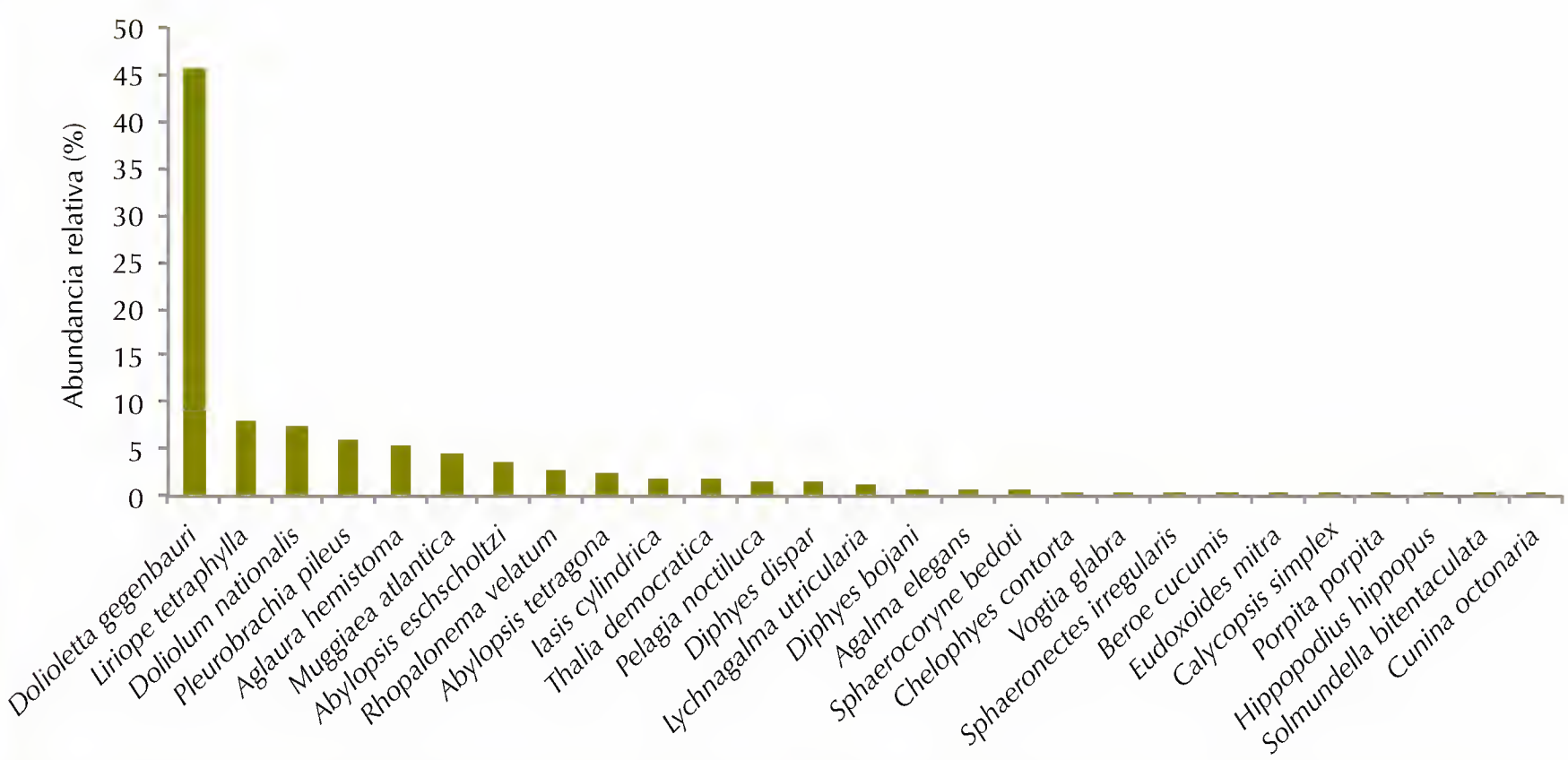


FIGURA 2. Abundancia relativa de las especies del zooplancton gelatinoso en la costa michoacana. Fuente: elaboración propia con datos de Gamero 2012.

FIGURA 3. El tunicado *Dolioletta gegenbauri* (Thaliacea) es la especie con mayor abundancia en la costa michoacana. Foto: Édgar Gamero Mora.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Los cnidarios: a) *Solmundella bitentaculata*, b) *Cunina octonaria* (Hydrozoa) fueron las especies menos abundantes en la costa michoacana. Fotos: Édgar Gamero Mora.

cir desde una simple urticaria hasta paros cardiorespiratorios en el humano, dependiendo de la sensibilidad a las toxinas y la cantidad inoculada.

La aparición de esta especie en zonas costeras tiene relación con varios factores, como el incremento de nutrientes nitrogenados y fosfatados provenientes de fertilizantes y aguas negras vertidas a los océanos; la disminución de los depredadores, como es el caso de las tortugas marinas; el incremento de la temperatura, que favorece su ciclo vital; y la disminución del aporte de agua dulce por ríos y arroyos a consecuencia del incremento de periodos de sequía, aspecto que daña la hialoclina, barrera salina que mantiene a las medusas en la parte oceánica (Mariottini *et al.* 2008).

Reportes realizados a principios del verano del 2013 describieron una abundancia extraordinaria de *P. noctiluca*, sobre todo en las playas de Maruata, Faro de Bucerías, El Zapote de Madero y La Majahuita, en el municipio de Aquila, donde afectó a los turistas causándoles urticaria en la piel; esta especie presenta el máximo valor de importancia en el PTM.

Cabe mencionar que la diversidad del zooplancton gelatinoso se incrementa siguiendo un patrón latitudinal, de norte a sur, desde Cabo Corrientes, en Jalisco, hacia Maruata, en Michoacán, área donde alcanza su máximo valor (H′=2.21); por su parte, el valor mínimo de diversidad (H′=1.7) para el PTM se reporta para Cabo Corrientes, en Jalisco (Gamero 2012).

El análisis de las variables fisicoquímicas y biológicas indican que la distribución de las especies de zooplancton gelatinoso está asociada a la temperatura, al oxígeno disuelto, a la salinidad y a la fluorescencia, teniendo mayor afinidad por la temperatura y la conductividad eléctrica.

Por lo anterior, es necesario seguir estudiando la distribución de estos organismos con respecto a las variables fisicoquímicas y biológicas, de tal manera que se puedan conocer las condiciones oceanográficas que favorecen su proliferación.

REFERENCIAS

Bailey, T.G., M.J. Youngbluth y G.P. Owen. 1995. Chemical composition and metabolic rates of gelatinous zooplankton from midwater and benthic boundary layer environments off Cape Hatteras, North Carolina, EUA. *Marine ecology progress series* 122:121-134.

Fagetti, E. 1973. Medusas de aguas chilenas. *Revista de Biología Marina* 15(1):52-75.

Failla, S.G. 2010. Conociendo al plancton gelatinoso de Uruguay: medusas y peines de mar. *Almanaque 2010*. Laboratorio de Zoología de Invertebrados, Departamento de Biología Animal. Facultad de Ciencias-Universidad de la República.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gamero M., E. 2012. *Análisis de la composición y distribución del zooplancton gelatinoso en el Pacífico tropical mexicano en la primavera del 2011.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Lira G., I.E., C. Müdespacher Z. y J.L. Cifuentes L. 1989. *Guía ilustrada de animales marinos venenosos de México y el Caribe.* Ed. Limusa, México.

Mariottini, G.L., E. Giacco y L. Pane. 2008. The mauve stinger *Pelagia noctiluca* (Forsskål, 1775). Distribution, ecology, toxicity and epidemiology of stings. A review. *Annual Review of Marine Drugs* 6:496-513.

Raskoff, K.A., F.A. Sommer, W.M. Hamner y K.M. Cross. 2003. Collection and culture techniques for gelatinous zooplankton. *Biologic Bulletin* 204(1):68-80.

Sánchez-Rodríguez, J. y N.L. Lucio-Martínez. 2011. Aislamiento y prepurificación de los compuestos activos presentes en el veneno de *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa: Pelagiidae) del mar Caribe. *Ciencias Marinas* 37(3): 369-377.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Macroalgas bentónicas marinas

JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA, ÁNGELA CATALINA MENDOZA GONZÁLEZ, LUZ ELENA MATEO CID, ALFONSO NÚÑEZ VARGAS Y JUAN DIEGO SÁNCHEZ HEREDIA

DESCRIPCIÓN

Las algas se consideran un conjunto de individuos fotosintetizadores que carecen de raíz, tallo y hojas verdaderas, debido a lo anterior a su cuerpo se le llama talo (Dawes 1986). Las macroalgas se pueden observar a simple vista, ya que sus dimensiones van de unos cuantos centímetros a varios metros. En el medio marino este conjunto incluye a tres grupos: Rhodophyta (algas rojas), Phaeophyceae (algas pardas) y Chlorophyta (algas verdes); la mayoría de ellas se distribuye de manera amplia, siempre asociadas a diferentes sustratos, sobre todo el rocoso (Scagel *et al.* 1987). Las algas, morfológicamente varían desde unicelulares, multicelulares formando colonias, filamentos simples, hasta talos más voluminosos y relativamente complejos de formas cilíndricas y laminares (simples o ramificadas) o formando costras sobre las rocas y corales; en aguas tropicales son de menor tamaño, pero más diversas (Dawes 1986, Scagel *et al.* 1987).

DIVERSIDAD

En la provincia fisiográfica del Pacífico tropical mexicano (PTM), donde se incluyen Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, se reconocen 444 especies de macroalgas de las cuales se han registrado 125 para la entidad (Pedroche y Sentíes 2003), lo que representa 28.15% y coloca a Michoacán en el quinto lugar (figura 1).

Sin embargo, es muy probable que el número de especies asignadas para esa región se incremente de forma considerable a medida que avancen los estudios de la costa michoacana, ya que de 204 km de línea costera sólo se ha explorado cerca de 10%. Por ejemplo, solamente en Caletilla, municipio de Lázaro Cárdenas, en un área de casi 300 m, Álvarez (2010) registró 91 especies durante tres épocas del año; situación comprensible si se toma en cuenta que además de las macroalgas bentónicas también se registraron epífitas, incluyendo cianobacterias; 56 de esas especies se consideran nuevos registros para la costa michoacana y tres nuevos registros para el PTM: *Centroceras gasparrrini*, *Laurencia heteroclada* y *Halichrysis irregularis* (Rhodophyta).

Con este trabajo se incrementó a 162 el número de especies reportadas para el estado (apéndice 18), lo cual refleja la necesidad de realizar más exploraciones en la costa y además durante las cuatro épocas del año. Como producto de una investigación más detallada se han ido agregando especies que incluso han resultado ser nuevas, como es el caso de

Ceballos-Corona, J.G.A., A.C. Mendoza-González, L.E. Mateo-Cid, A. Núñez Vargas y J.D. Sánchez Heredia. 2019. Macroalgas bentónicas marinas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 115-124.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

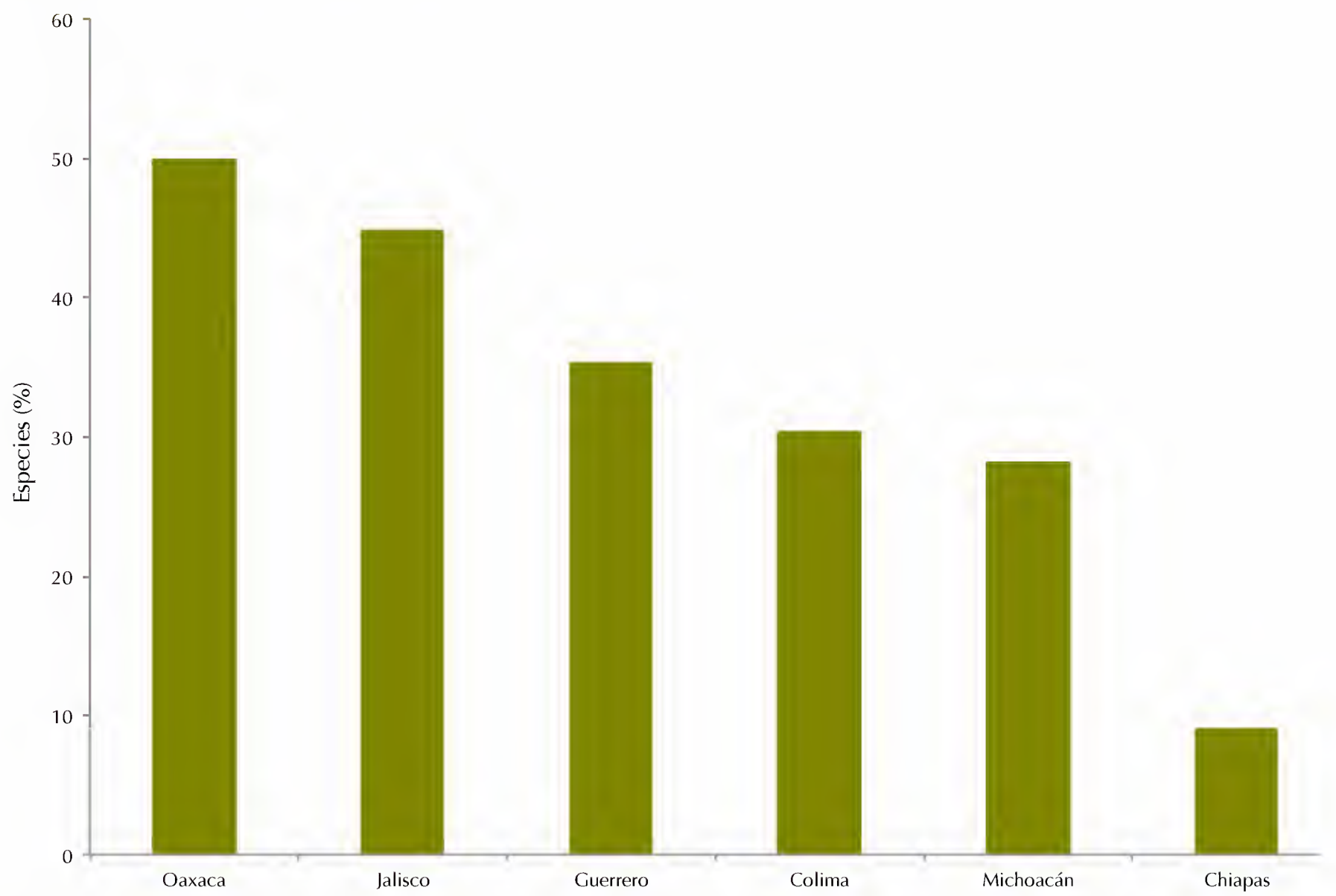


FIGURA 1. Distribución porcentual de las especies, por estados del PTM. Fuente: elaboración propia con datos de Pedroche y Sentíes 2003.

Ochtodes searlesii y *Pyropia raulaguilarii* (Mendoza-González *et al.* 2011, Mateo-Cid *et al.* 2012), pertenecientes a las algas rojas (Rhodophyta).

Las familias mejor representadas por el número de especies son: Rhodomelaceae (17), Corallinaceae (17), Ceramiaceae (10) y Halymeniaceae (seis) para las algas rojas; Dictyotaceae (14) para algas pardas y Cladophoraceae (11) para las algas verdes. Los géneros que presentan mayor cantidad de especies corresponden a: *Ceramium*, *Laurencia* y *Grateloupia* para algas rojas; *Dictyota* y *Padina* para algas pardas y *Cladophora*, *Ulva* y *Codium* para las algas verdes (apéndice 18).

DISTRIBUCIÓN

Hasta 2014 en el PTM el grupo que presenta mayor número de especies es el de las algas rojas, que comprenden 55.55% del total, mientras que las de menor representación son las cianobacterias con 4.93% (apéndice 18, figura 2).

En términos generales esta distribución es congruente con el patrón generalizado, según el cual en las regiones tropicales las algas rojas se encuentran mejor representadas, aunque las especies se caracterizan más por presentar individuos pequeños, a diferencia de lo que sucede en las regiones templadas y frías; la misma situación se observa en las algas pardas (Phaeophyceae) y las verdes (Chlorophyta; Dawes 1986, Scagel *et al.* 1987).

Considerando los índices de distribución biogeográfica de las algas de Feldmann (1937), R/P: número de especies de algas rojas entre el número de especies de algas pardas y Cheney (1977), R+C/P: número de especies de algas rojas más el número de especies de algas verdes, entre el número de especies de algas pardas, la ficoflora, es decir, el conjunto de especies de algas de la costa michoacana, corresponde a un tipo tropical (Núñez 2006, Álvarez 2010), con numerosos elementos como *Amphiroa beauvoisii, A. misakiensis, Neogoniolithon trichotomum, Izziella orientalis, Dictyota crenulata, Ectocarpus siliculosus, Chaetomorpha antennina* y *Ulva lobata*.

En la figura 3 se muestra el total de especies reportadas para las localidades mencionadas, considerando los grupos de algas rojas, pardas y verdes, sin incluir a las cianobacterias debido a que solamente se registran para Caletilla. Los sitios con estudios más detallados corresponden a las playas de Las Peñas, La Soledad y Caletilla, en el municipio de Lázaro Cárdenas, además de Maruata y Faro de Bucerías, en el municipio de Aquila (figura 4).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

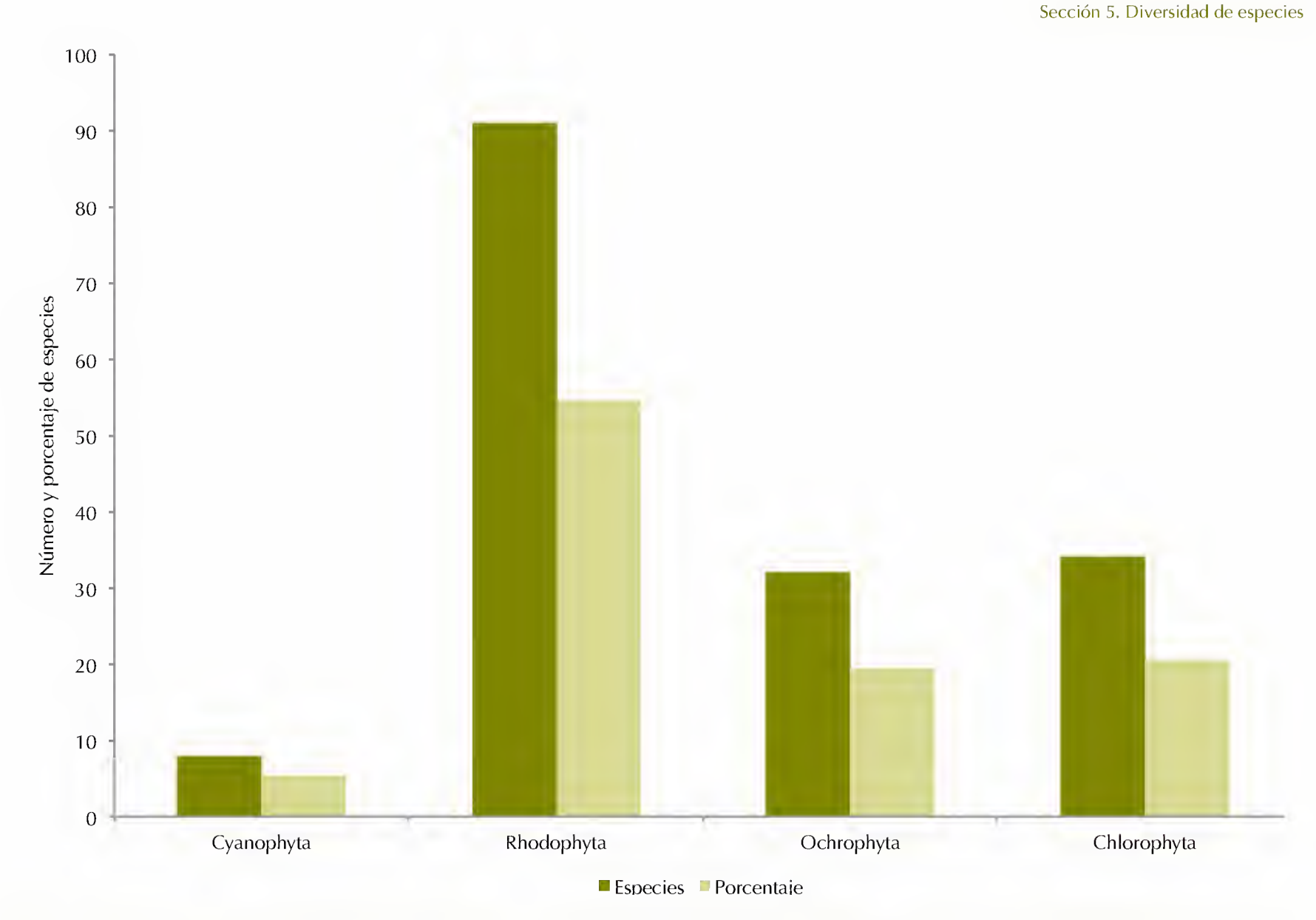


FIGURA 2. Número de especies y distribución de porcentajes, por grupos, de macroalgas del PTM. Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 18.

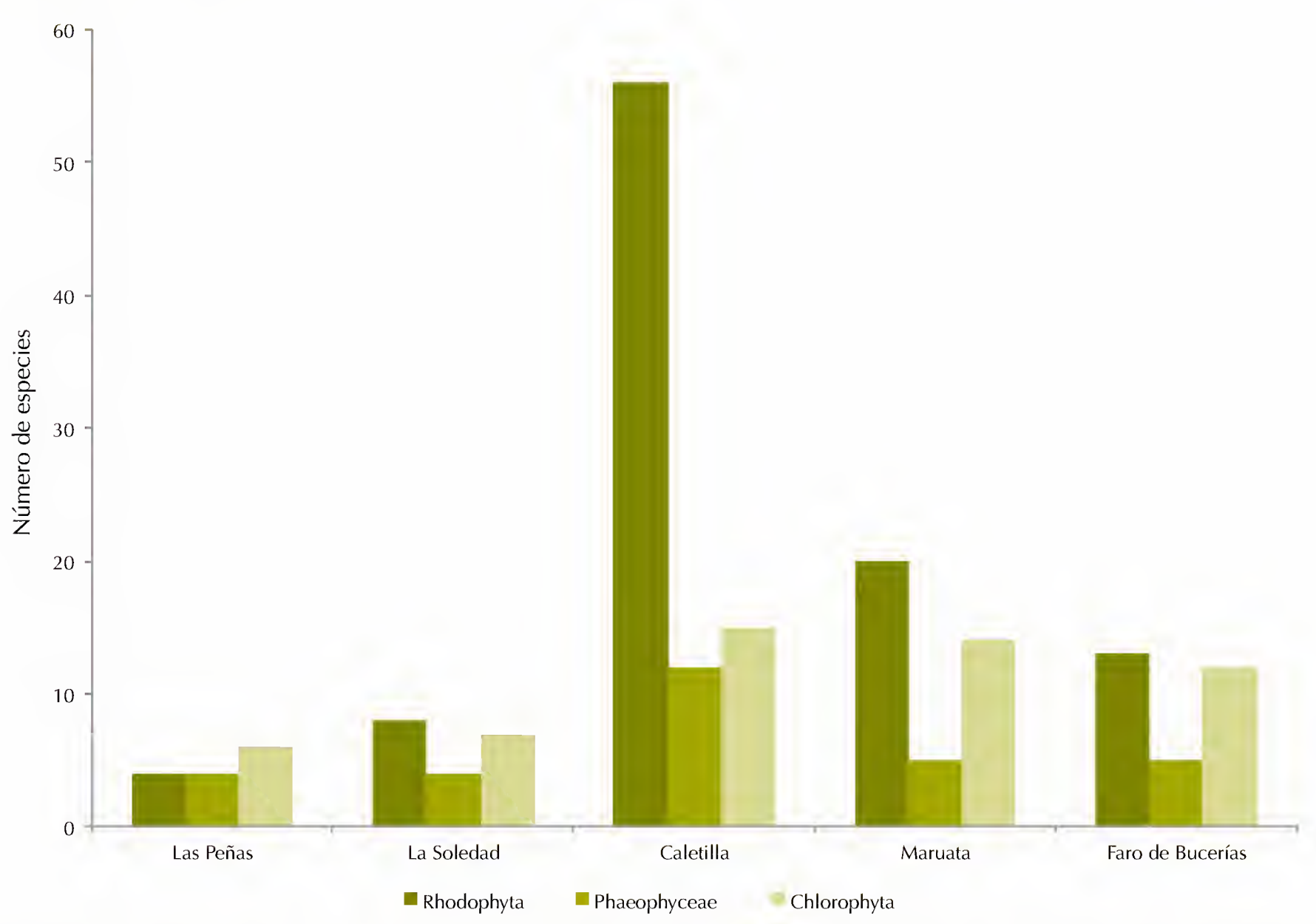


FIGURA 3. Distribución del número de especies de macroalgas por localidad. Fuente: elaboración propia con datos de Ceballos 2000, Núñez 2006, Álvarez 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

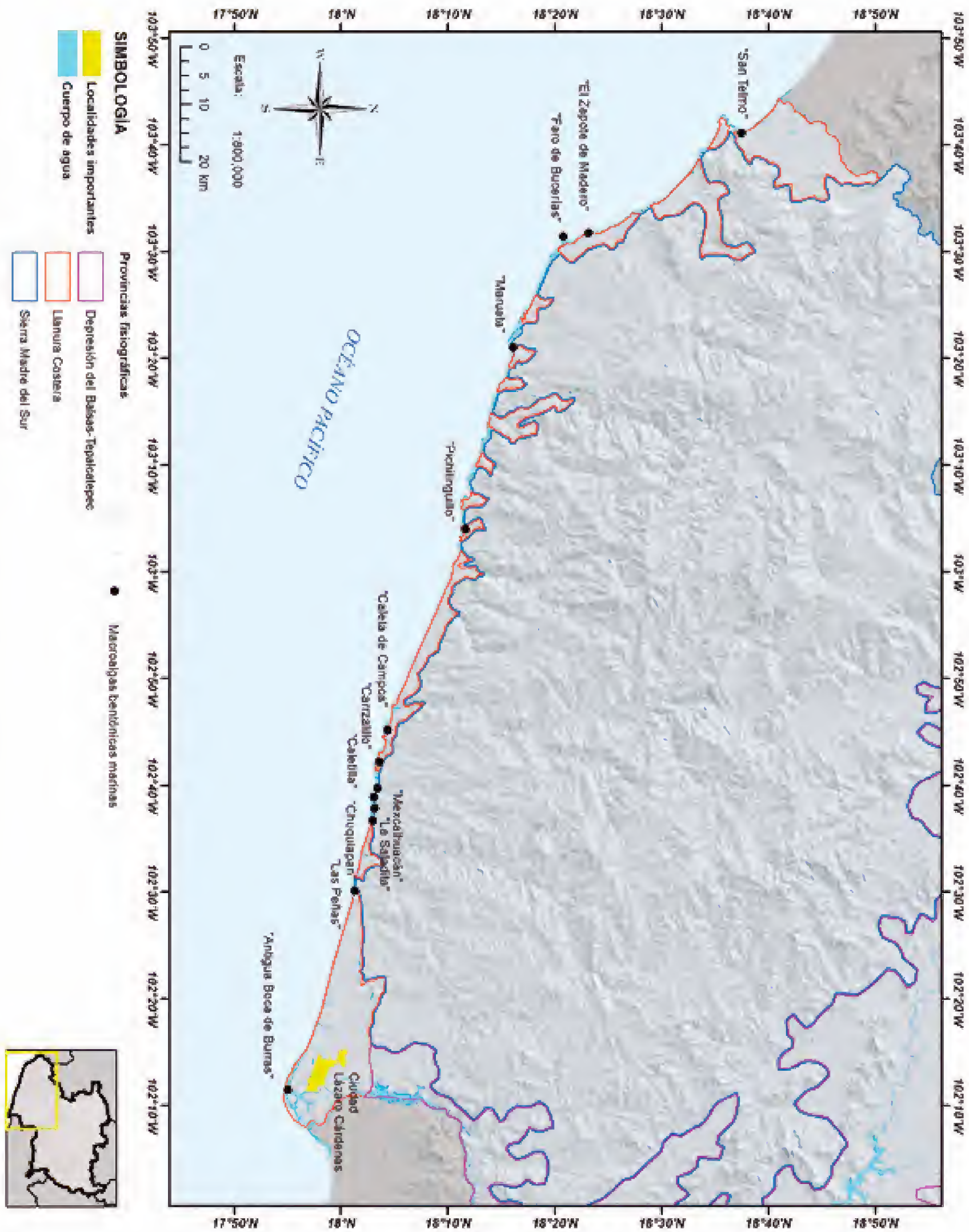


FIGURA 4. Sitios muestreados para macroalgas de la costa de Michoacán. Fuente: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Las macroalgas se consideran un componente esencial para el equilibrio y mantenimiento de los arrecifes. En particular, las algas rojas coralinas no articuladas dan cimentación a la estructura del arrecife al consolidar los restos calcáreos de los corales muertos o las rocas de las plataformas de mareas (figuras 5 y 6).

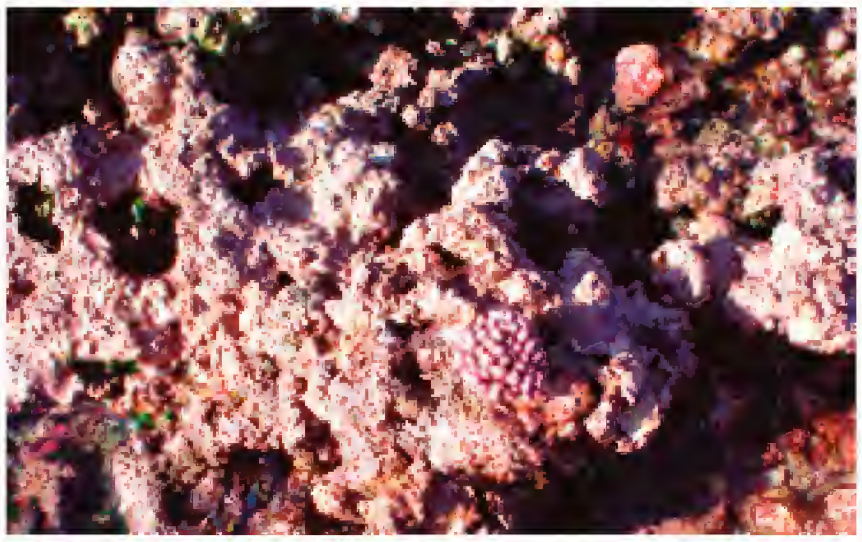


FIGURA 5. Restos calcáreos de corales cubiertos por algas rojas coralinas. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

FIGURA 6. Plataforma rocosa cubierta por algas rojas coralinas. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

A diferencia de la región subtropical del Pacífico mexicano, costa noroccidental de la península de Baja California, donde las algas se manifiestan en forma de bosques submarinos, las macroalgas en las regiones tropicales (como el caso de la costa michoacana) se muestran como agregaciones a manera de tapetes (figura 7). La costa michoacana se ubica en la parte central del PTM, región que inicia en los límites de Colima con

FIGURA 7. Plataformas rocosas de El Zapote de Madero, municipio de Aquila. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Jalisco y termina en la zona limítrofe de Guerrero con Oaxaca. Se caracteriza por presentar ambientes de plataformas rocosas y cantos rodados (rocas sueltas de forma redondeada por acción del oleaje), así como canales de corriente y zonas de acantilados, ambientes que favorecen la colonización de macroalgas y constituyen hábitats intermareales de gran diversidad y con una alta heterogeneidad, la mayoría expuestos directamente al oleaje.

En estos ambientes los tapetes de macroalgas representan un componente fundamental; se forman en áreas que no se encuentran directamente expuestas al oleaje, y muchas veces dominan una o dos especies de algas, sobre todo algas pardas como *Ulva rigida* (figura 8), *Padina mexicana* (figura 9) y algas verdes como *Caulerpa racemosa* (figura 10).

Estos organismos conforman conjuntos algales a manera de césped, como es el caso de *Amphiroa beauvoisii* (figura 11), *Palisada perforata* y *Laurencia clarionensis* (figura 12) e *Hypnea johnstonii* (figura 13), en áreas semiexpuestas al oleaje.

También pueden formar tapetes francamente expuestos al oleaje, como es el caso del alga parda *Sargassum howellii* (figura 14).

FIGURA 10. Tapetes de *Caulerpa racemosa*. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

FIGURA 8. Tapetes algales de *Ulva rigida* (Chlorophyta). Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

FIGURA 11. Tapetes de *Amphiroa beauvoisii* (Rhodophyta). Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

FIGURA 9. Tapetes de *Padina mexicana* (Phaeophyceae). Foto: J. Gerardo Ceballos-Corona.

FIGURA 12. Tapetes de *Palisada perforata* y *Laurencia clarionensis* (Rhodophyta). Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 13. Tapetes de *Hypnea johnstonii* (Rhodophyta); matas erectas de color verde por arriba de la línea de agua. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

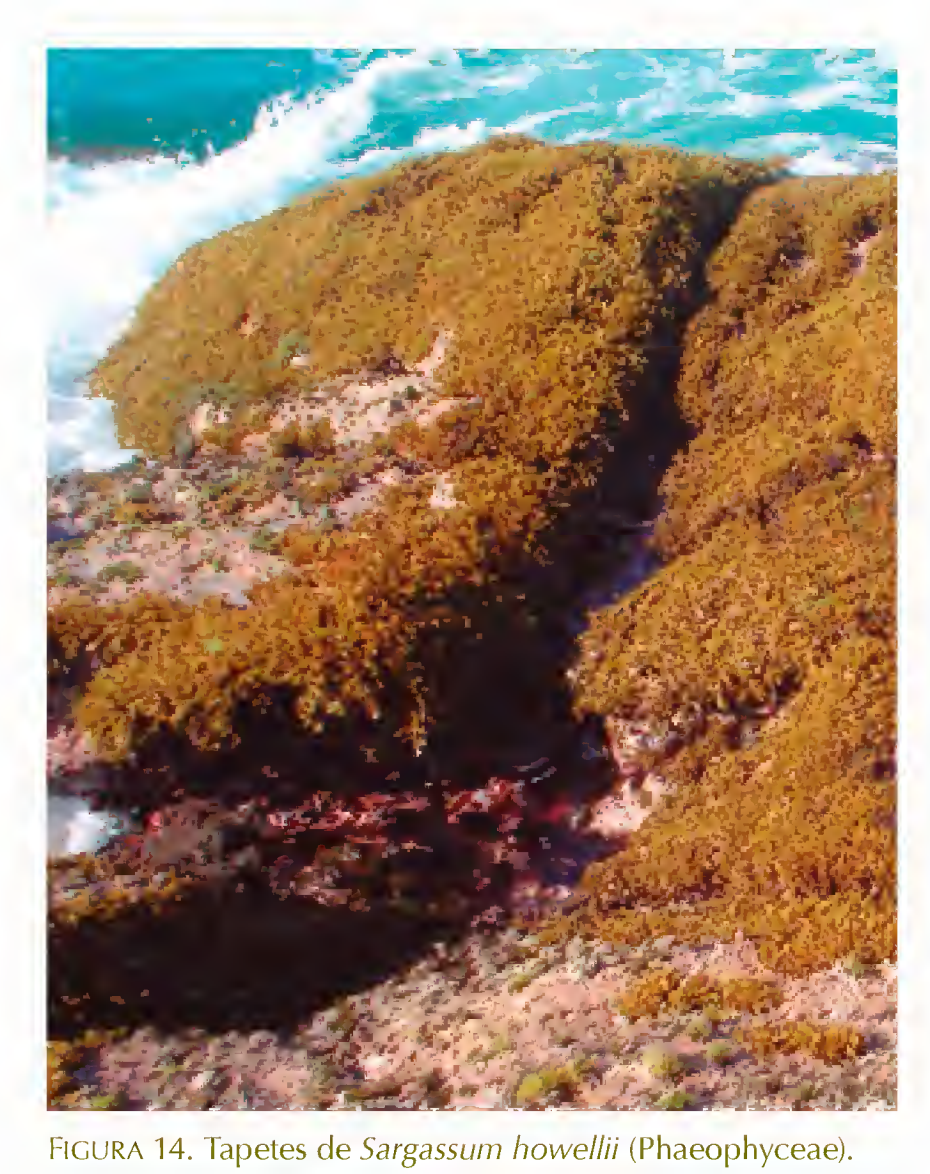


FIGURA 14. Tapetes de *Sargassum howellii* (Phaeophyceae). Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

Los rizoides de los tapetes forman entramados muy densos que son utilizados como refugios por planarias marinas, moluscos, poliquetos, microcrustáceos y equinodermos, quienes se encargan de procesar la materia orgánica que se acumula en estos ambientes; mientras que las frondas de los talos forman tupidos microbosques que son aprovechados como protección contra la depredación por mejillones, caracoles, quitones o cucarachas de mar, pulpos, langostas juveniles, cangrejos, estrellas, serpentinas y pepinos de mar, además de peces juveniles. Un caso especial son las algas rojas coralinas costrosas, ya que forman parte de la dieta alimenticia de erizos de mar, lapas y otras especies de importancia comercial.

Las macroalgas son importantes en la economía, ya que de ellas se obtienen compuestos ficocoloides, como el agar y el carragenano; alginatos, alcoholes y fenoles, los cuales son utilizados ampliamente en diversas industrias como la gastronómica, farmacéutica, cosmetológica y en la elaboración de pinturas; asimismo, son utilizados en la medicina alternativa por sus propiedades antivirales, antibióticas, vermífugas, anticoagulantes, antitumorales y dermatológicas; también encuentran aplicación en las actividades agropecuarias, donde se han probado como fertilizantes en el cultivo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de jitomate y como complementos alimentarios para gallinas ponedoras; por otra parte, en la acuicultura se utilizan como suplemento nutricional para camarones (Huerta 1961, Guzmán del Proo 1986, Zertuche 1993, Casas-Valdez *et al.* 1996, Cruz-Suárez *et al.* 2000).

AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN

Una de las principales amenazas que enfrentan las macroalgas en México es la contaminación del agua, problemática que cada día es mayor y que se ve agravada ya que en el país sólo 20% de las aguas recibe algún tipo de tratamiento, lo que tiene como consecuencia que la mayor cantidad se vierta directamente a las playas. Ante este panorama, la conservación de ambientes acuáticos costeros poco contaminados es urgente para mantenerlos como reservorio de la biodiversidad de macroalgas (Pedroche y Sentíes 2003).

Si bien la costa michoacana en su mayor parte se encuentra poco contaminada y aún existen áreas que pueden ser consideradas vírgenes, prevalece el riesgo de que sean afectadas a medida que avanzan los programas de desarrollo de la zona costera, los cuales hasta el momento se han caracterizado por no presentar un manejo integral de las aguas que utilizan.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

En lo que respecta a áreas para la conservación, la costa michoacana sólo cuenta con tres santuarios para la protección de las tortugas marinas: en las playas de Mexiquillo, Maruata y Colola (SEMARNAT 2002). Sin embargo, estas áreas naturales protegidas no contemplan bajo su resguardo a las macroalgas, mucho menos las zonas rocosas que son el sustrato más amplio para el establecimiento de los tapetes macroalgales. Más aún, las áreas de parches coralinos y arrecifes rocosos donde se encuentra la mayor diversidad de macroalgas en el estado están fuera de las zonas declaradas como santuarios, convirtiéndose así en sitios altamente degradables por actividades humanas, como la construcción de carreteras, descarga de aguas residuales, actividades turísticas y de pesca indiscriminada, entre otras; y esas áreas no están sujetas a plan alguno de manejo sustentable.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

La información que existe sobre el estado que guardan las especies de algas es escasa o nula, ya que no ha sido del interés de los tomadores de decisiones y, por lo tanto, no aparecen en las listas rojas internacionales ni nacionales, lo cual no significa que no haya especies de macroalgas en peligro de extinción, sino más bien que no se han realizado estudios que demuestren las dimensiones de la pérdida de esas especies a lo largo del tiempo. Ese problema se magnifica debido a que los estudios poblacionales de las macroalgas son complicados debido a la característica gregaria que dificulta decidir dónde comienza y termina un individuo (Espinoza-Ávalos 2005).

De manera particular los estudios de macroalgas en la costa michoacana son escasos y puntuales, la mayoría se han enfocado en los aspectos taxonómicos y florísticos. Chávez-Barrera (1980) realizó los primeros registros para el caso de algas pardas: *Padina crispata*, *P. durvillaei* y *P. mexicana,* en Caleta de Campos y Las Peñas; otros estudios realizados para el litoral michoacano se muestran en el cuadro 1.

En general, los estudios de las macroalgas marinas se han enfocado a las particularidades morfológicas, aunque se han complementado más recientemente con aspectos morfométricos y ecológicos; mientras que los de biología molecular se iniciaron apenas a principios del siglo XXI. El principal problema que enfrentan los ficólogos en México tiene que ver con el estado que guardan los registros de los nombres de las especies, ya que muchos de ellos son sinónimos y cuando menos 30% no están documentados de forma adecuada, ya que no presentan una descripción morfológica, ilustraciones de los caracteres diagnósticos precisos, descripción de las condiciones ecológicas o referencias de una colección donde se hayan depositado los ejemplares preservados; toda esa información es necesaria para complementar cualquier estudio sobre la calidad y uso del agua (Pedroche *et al.* 2009).

CONCLUSIONES

Es necesario incrementar el estudio de las macroalgas en la costa michoacana, ya que estos corresponden sólo a 10% del litoral del estado. Por otra parte, es conveniente que se establezcan estudios complementarios sobre las variables ambientales que permitan conformar una visión más clara del entorno donde se desarrollan las macroalgas; ello representaría una contribución importante para identificar sus posibilidades de uso y aprovechamiento sustentable, incluyendo su potencial para cultivo.

Asimismo, es urgente considerar la posibilidad de declarar más áreas de la costa como zonas naturales de protección, en especial aquellas donde se encuentran parches coralinos y arrecifes rocosos, sustratos donde existe la mayor abundancia y diversidad de macroalgas.

El uso sustentable y protección de estos recursos puede llevarse a cabo a través del diseño e implementación de un programa de manejo integral de la zona

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Estudios de macroalgas bentónicas en litorales rocosos de la costa michoacana.

Referencias	Área de estudio	Enfoque
Chávez-Barrera 1980	Caleta de Campos, Las Peñas, Escolleras de Lázaro Cárdenas	F
León *et al.* 1993	Caleta de Campos	E
León-Álvarez y González-González 1993	San Telmo, La Ticla, Caleta de Campos, Escolleras del puerto de Lázaro Cárdenas	F
López 1994	Faro de Bucerías, Careycitos, Maruata	F, E
Sentíes 1995	San Telmo, Faro de Bucerías, Pichilinguillo, Caletilla	F
Pedroche y Ávila 1996	Maruata, Mexcalhuacán, Las Peñas	F
Pedroche y Silva 1996	Caleta de Campos	F
Bucio y Dreckmann 1997	San Telmo, río Ostula, Faro de Bucerías, Maruata, río Huahua, Caleta de Campos, Mexcalhuacán, La Saladita, Chuquiapan, Las Peñas, Escolleras de Lázaro Cárdenas	L
Apartado 1998	Faro de Bucerías, Careycitos, Pichilinguillo, Caleta de Campos, Mexcalhuacán, La Saladita, Chuquiapan	F
Ceballos 2000	San Telmo, La Ticla, Faro de Bucerías, Maruata, Caleta de Campos, Mexcalhuacán, Caletilla, La Soledad, La Saladita, Chuquiapan, Las Peñas, Escolleras de Lázaro Cárdenas	L
Mendoza-González y Mateo-Cid 2000	Las Peñas	F
Mateo-Cid y Mendoza-González 2004	Maruata	F
Ávila y Pedroche 2005	Faro de Bucerías, Careycitos, Maruata, playa La Manzanilla, La Soledad, Chuquiapan, Las Peñas	F
Núñez 2006	Faro de Bucerías, Maruata, La Soledad, Las Peñas	L, F
Mateo-Cid *et al.* 2008	San Telmo, Faro de Bucerías, Maruata, Caletilla	F
Álvarez 2010	Caletilla	L, F
Mendoza-González *et al.* 2011	La Majahuita, El Zapote de Madero, Caletilla	F
Mateo-Cid *et al.* 2012	Carrizalillo, Caletilla	F
Sotelo 2013	San Juan de Alima, La Ticla, La Majahuita, El Zapote de Madero	F, E, L

B: biogeográfico, F: ficoflorístico, E: ecológico, L: listados.
Fuente: elaboración propia.

costera, el cual incluya alternativas de ingresos económicos para las comunidades costeras, como es el caso del potencial acuacultural de las macroalgas verdes.

REFERENCIAS

Álvarez, M.F. 2010. *Estudio ficoflorístico de playa Caletilla, municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Apartado, F.P. 1998. *Distribución geográfica del género Caulerpa lamouroux (Caulerpaceae: Chlorophyta). Informe final de servicio social.* UAM-Iztapalapa, México.

Ávila-Ortiz, A. y F.F. Pedroche. 2005. El género *Padina* (Dictyotaceae: Phaeophyceae) en la región tropical del Pacífico mexicano. En: *Monografías ficológicas.* A. Sentíes G. y K. Dreckmann (eds.). UAM/Universidad Autónoma de Baja California (UABC). México, pp. 139-171.

Bucio P., M. y K.M. Dreckmann. 1997. Chlorophyta (algas verdes) marinas bentónicas intermareales de Michoacán, Pacífico mexicano. *Polibotánica* 6:41-46.

Casas-Valdez, M., G. Hernández C. y C.J. Hernández G. 1996. Recurso: *Macrocystis pyrifera*. En: *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur II.* M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.). Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Baja California Sur, pp. 431-444.

Ceballos C., J.G.A. 2000. Macroalgas. En: *Catálogo de la biodiversidad en Michoacán.* SEDUE. Gobierno del Estado de Michoacán, México, pp. 37-48.

Cheney, D.P. 1977. A new improved ratio for comparing seaweed floras. *Journal of Phycology* 13 (supl.):1-13.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Chávez-Barrera, M.L. 1980. Distribución del género *Padina* en las costas de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 23:45-51.

Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salzar y C. Guajardo-Barbosa. 2000. Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. En: *Avances en nutrición acuícola.* L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia Salzar *et al.* (eds.). *Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola,* Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México, pp. 227-266.

Dawes, C.J. 1986. *Botánica marina.* Ed. Limusa, México.

Dreckmann, K.M., F.F. Pedroche y A. Sentíes. 1990. Lista florística de las algas marinas bentónicas de la costa norte de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50:19-42.

Espinoza-Ávalos, J. 2005. Fenología de las macroalgas marinas. *Hidrobiológica* 15(1):109-122.

Feldmann, J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranée. La Cote des Alberes. *Revue Algologique* 10:1-339.

Guzmán del Proo, S.A. 1986. Las algas marinas como recurso natural explotable. La necesidad de realizar en México estudios sistemáticos y bioquímicos de este recurso. *Trabajos de divulgación. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras* 6(53):9.

Huerta M., L. 1961. Especies aprovechables de la flora marina de la costa occidental de Baja California. *Acta Politécnica Mexicana* 2(10):401-405.

León-Álvarez, D. y J. González-González. 1993. Algas costrosas del Pacífico tropical. En: *Biodiversidad marina y costeras de México.* S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (eds.). CONABIO/CIQRO, México, pp. 456-474.

León, H., D. Fragoso, D. León *et al.* 1993. Characterization of tidal pool algae in the Mexican tropical pacific coast. *Hydrobiologia* 260:197-205.

López S., B. 1994. *Contribución al estudio de las algas marinas bentónicas del estado de Michoacán, México.* Tesis licenciatura en biología. Instituto Politécnico Nacional (IPN). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México.

Mateo-Cid, L.E. y A.C. Mendoza-González. 2004. *Izziella orientalis* (J. Agardh) huisman & Schils (Rhodophyta: Liagoraceae) para la costa del Pacífico de México. *Polibotánica* 18:75-86.

Mateo-Cid, L.E., R. Aguilar-Rosas, A.C. Mendoza-González y L.E. Aguilar-Rosas. 2008. Distribución y variación morfológica de *Amphiroa beauvoisii* (Corallinales: Rhodophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79(1):7-22.

Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, J. Díaz-Larrea *et al.* 2012. A new species of *Pyropia* (Rhodophyta: Bangiaceae), from the Pacific coast of Mexico, based on morphological and molecular evidence *Phytotaxa* 54(1):1-12.

Mendoza-González, A.C. y L.E. Mateo-Cid. 2000. La familia Sphacelariaceae (Sphacelariales, Phaeophyta) en las costas de México. *Polibotánica* 11:21-48.

Mendoza-González, A.C., A. Sentíes, L.E. Mateo-Cid *et al.* 2011. *Ochtodes searlesii* sp. nov. (Gigartinales: Rhodophyta), from the Pacific tropical coast of Mexico, based on morphological and molecular evidence. *Phycological Research* 59:250-258.

Núñez V., A. 2006. *Guía de campo para la identificación de las algas macroscópicas marinas de la zona rocosa en la costa de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Pedroche, F.F. y A. Ávila O. 1996. Aspectos morfológicos vegetativos y reproductivos de *Dermonema* (Rhodophyceae: Liagoraceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 34:63-80.

Pedroche, F.F. y P.C. Silva. 1996. *Codium picturatum* sp. nov. (Chlorophyta), una especie extraordinaria del Pacífico tropical mexicano. *Acta Botanica Mexicana* 35:1-8.

Pedroche, F.F. y A. Sentíes G. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y problemática actual. *Hidrobiológica* 13(1):23-32.

Pedroche, F.F., A. Sentíes G., E. Novelo y Ma. E. Meave del Castillo. 2009. Algas. Pasado, presente y futuro en México. En: *Cosmos. Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México. Tomo II.* J. Ramírez Pulido (ed.). UAM-Iztapalapa, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, México, pp. 55-69.

Scagel, R.F., R.J. Bandoni, J.R. Maze *et al.* 1987. *Reino vegetal.* Ed. Omega, A.C., Barcelona.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Acuerdo por el que se determinan como áreas naturales protegidas, con la categoría de santuarios, a las zonas de reserva y sitios de refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortuga marina, ubicadas en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Tamaulipas y Yucatán, identificadas en el decreto publicado el 29 de octubre de 1986. Publicado el martes 16 de julio de 2002 en el DOF.

Sentíes G., A., F.F. Pedroche y K.M. Dreckmann. 1990. La familia Rhodomelaceae (Ceramiales: Rhodophyta) en la costa del estado de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50:89-120.

Sentíes G., A. 1995. El género *Polysiphonia* (Ceramiales: Rhodomelaceae) en el Pacífico tropical mexicano. *Revista de Biología Tropical* 43(1-3):39-54.

Sentíes G., A., A.C. Mendoza-González, L.E. Mateo-Cid *et al.* 2014. *Osmundea purepecha*, n. sp. (Rhodophyta: Ceramiales), from the Pacific tropical coast of Mexico, Based on morphological and molecular data. *Pacific Science* 68(2):295-304.

Stout, I. y K.M. Dreckmann. 1993. Macroalgas bentónicas de Faro de Bucerías, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Botánica* 64(1):1-23.

Sotelo C., F. 2013. *Algas verdes (Chlorophyta) de la parte noroeste de la costa michoacana (San Juan de Alima, La Ticla y La Majahuita-El Zapote de Madero) municipio de Aquila, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Zertuche-González, J.A. 1993. Situación actual de la industria de las algas marinas productoras de ficocoloides en México. En: *Situación actual de la industria de las algas marinas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe. Proyecto Aquila II.* J.A. Zertuche-González (ed.). FAO-Italia, Documento de Campo núm. 13. México. En: *<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab483s/AB483S04.htm#ch4>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Uso potencial de las algas verdes (Chlorophyta)

FERNANDO SOTELO CUEVAS, JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA Y SANDY FABIOLA ANDRADE HERNÁNDEZ

Las algas marinas son un recurso natural que ha sido aprovechado por los países de oriente como China, Japón y Corea, sobre todo para dietas alimentarias; actualmente la explotación de las algas marinas se lleva a cabo de manera especial en la industria de alimentos, cosméticos y más reciente con usos en biotecnología (Bourgougnon *et al.* 2011). Sin embargo, este potencial en México se desconoce o se aprovecha de manera mínima: un par de ejemplos son la producción del agar, carragenina y alginatos en la península de Baja California, eso a partir de algas como *Gelidium robustum, Chondracanthus canaliculatus* y *Macrocystis pyrifera*; y el establecimiento de cultivo de algas que se llevan a cabo en Tamaulipas.

En Michoacán no existe tradición de consumo de algas marinas, aunque se han hecho intentos para el aprovechamiento de las algas verdes, en particular de la lechuga de mar (*Ulva* sp.) como complemento de ensaladas y ceviches, sobre todo en playas importantes para el turismo, como La Soledad y Maruata, pero aún no ha sido bien aceptado el consumo.

El litoral michoacano cuenta con un amplio recurso de algas, y aunque su biomasa no es lo suficientemente abundante para permitir el establecimiento de industrias que las aprovechen, se puede incorporar como una alternativa alimentaria y terapéutica, al menos de manera local.

Las algas en general presentan altos contenidos de vitamina A y β-caroteno, lo cual supera las cantidades promedio encontradas en la zanahoria y mucho más a las contenidas en vegetales de consumo habitual como brócoli, espinaca, calabaza, repollo y acelga; incluso contienen vitamina B12 en una proporción significativa, a diferencia de las plantas terrestres en las cuales no está presente. Todo eso permite considerarlas un alimento integral nutricional y útil para la elaboración de suministros capaces de prevenir enfermedades. También son una fuente potencial de agentes con actividad antibiótica (Hernández 1993) y los productos derivados de las macroalgas poseen una amplia gama de actividades biológicas: son antibacterianos, antifúngicos, antivirales, antineoplásicos, anticoagulantes, antitumorales, antipalúdicos, antihelmínticos, antiinflamatorios, desparasitantes e inmunosupresores (Bourgougnon y Stiger-Pouvreau 2012) y anticoagulantes (Ganesh *et al.* 2009).

FIGURA 1. Las lechugas de mar: a) *Ulva lactuca*, b) *U. compressa*, c) *U. rigida*. Fotos: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

Sotelo-Cuevas, F., J.G.A. Ceballos-Corona y S.F. Andrade-Hernández. 2019. Uso potencial de las algas verdes (Chlorophyta). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 125-127.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las algas verdes marinas tienen alto contenido de fierro, proteínas y lípidos, parecidos a los encontrados en legumbres como lentejas, frijoles y chícharos, y semejantes a los contenidos en cereales y semillas (Ortiz 2011). Las algas rojas presentan las mejores características nutricionales por su riqueza proteica y por el alto contenido de carbohidratos y minerales; además contienen una mínima cantidad de lípidos, altos valores de vitamina E y contribuyen a la estabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados, previniendo la formación de radicales libres (Quitral *et al.* 2012).

En la costa michoacana se han registrado 34 especies de algas verdes (apéndice 18; Stout y Dreckmann 1993, Bucio y Dreckmann 1997, Núñez 2006, Álvarez 2010), de las cuales 14 cuentan con algún uso potencial (cuadro 1). Destacan las lechugas de mar: *Ulva lactuca* (figura 1a), *U. compressa* (figura 1b), *U. flexuosa* y *U. rigida* (figura 1c) por su biomasa, la cual se incrementa hacia finales de la primavera y principios del verano, seguida de *Chaetomorpha antennina* (figura 2).

De las lechugas de mar, *U. lactuca* es la que presenta mayor utilidad, ya que está considerada dentro de la alimentación humana, tiene además uso pecuario, medicinal y es empleada para la obtención de biogás y biodiesel; *C. antennina* tiene usos potenciales en alimentación humana, medicinal y es terapéutica, asimismo es usada para la producción de biodiesel y biogás (Bruton *et al.* 2009, Romagnoli 2010).

Es importante mencionar que el uso de estas algas para el consumo humano o pecuario depende de las características químicas y biológicas asociadas a los lugares donde crecen, ya que la presencia de descargas de aguas residuales aumenta las concentraciones de nutrientes favoreciendo el incremento de la biomasa de las algas verdes y su utilización, no obstante, debido al alto contenido de bacterias fecales y totales de esas aguas, el consumo de las algas debe evitarse.

Así, la opción que solucionaría tanto el problema de sustentabilidad como el sanitario está en el cultivo, actividad que a su vez permitiría ofrecer una alternativa de trabajo para los habitantes de la costa, al disminuir la presión que se ejerce sobre los recursos marinos pesqueros y favorecer el uso alimenticio de las algas con una alta calidad sanitaria. Además, el biogás y el biodiesel serían una de las posibilidades energéticas que contribuiría a contrarrestar el cambio climático (Bruton *et al.* 2009, Romagnoli 2010, Sánchez-Rodríguez *et al.* 2010, Sarker *et al.* 2012, Sharmila *et al.* 2012).

Finalmente, se recomienda estudiar la tasa de crecimiento, en biomasa, de las especies de algas verdes con potencial de aprovechamiento en la costa y la factibilidad de su uso sustentable por las comunidades costeras o bien de su cultivo, como una alternativa económica.

CUADRO 1. Uso potencial de las algas verdes (Chlorophyta) de la costa de Michoacán.

Especies	Uso potencial			
	AH	AA	UM	BT
Ulva compressa	•	•		
U. lactuca	•	•	•	•
U. intestinalis	•	•		
U. flexuosa	•	•		
U. rigida				•
Cladophora albida	•			
C. sericea				
C. columbiana		•		
Chaetomorpha antennina	•		•	•
C. linum	•			•
Bryopsis hypnoides	•	•		
Caulerpa peltata			•	
C. racemosa	•		•	
Halimeda discoidea			•	

AH: alimento para el ser humano, AA: alimento para ganado y aves, UM: uso terapéutico y medicinal, BT: biotecnología.
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 18, Vargas *et al.* 2004, Pacheco-Ruiz *et al.* 2008.

REFERENCIAS

Álvarez, M.F. 2010. *Estudio ficoflorístico de playa Caletilla, municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bourgougnon, N., G. Bedoux, A. Sangiardi y V. Stiger-Pouvreau. 2011. Las algas: potencial nutritivo y aplicaciones cosméticas. En: *Las algas como recurso. Valorización. Aplicaciones industriales y tendencias.* Centro Tecnológico del Mar-Fundación (CETMAR), pp. 81-94. En: *<http://www.researchgate.net/publication/236882236_Las_algas_potencial_nutritivo_y_aplicaciones_cosmticas/aile/3deec519e087206bec.pdf>,* última consulta: 19 de julio de 2013.

Bourgougnon, N. y V. Stiger-Pouvreau. 2012. Red and brown macroalgae along the French coasts, Metropole and overseas departments and territories. En: *Handbook of marine macroalgae: biotechnology and applied phycology.* S.K. Kim (ed.). John Wiley and Sons, Reino Unido, pp. 58-105.

Bucio, P., M. y K.M. Dreckmann. 1997. (Chlorophyta) Algas verdes marinas bentónicas intermareales de Michoacán, Pacífico mexicano. *Polibotánica* 6:41-46.

Bruton, T., H. Lyons, Y. Lerat *et al.* 2009. *A review of the potential of marine algae as a source of biofuel in Ireland.* Technical Report, Sustainable Energy Ireland. Irlanda. En: *<http://www.seai.ie/Publications/Renewables_Publica-*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. El alga verde *Chaetomorpha antennina*. Foto: J. Gerardo A. Ceballos-Corona.

tions_/Bioenergy/Algaereport.pdf>, última consulta: 19 de julio de 2013.

Ganesh, E.A., S. Das, G. Arun *et al.* 2009. Heparin like compound from green alga *Chaetomorpha antennina*, as potential anticoagulant agent. *Asian Journal of Medical Sciences* 1(3):114-116.

Hernández N., S. 1993. *Determinación de la actividad antibiótica de algunas algas de las costas de Jalisco y Colima, México. Informe final de servicio social.* UAM-Iztapalapa, México.

Núñez V., A. 2006. *Guía de campo para la identificación de las algas macroscópicas marinas de la zona rocosa en la costa de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ortiz V., J. 2011. Composición nutricional y funcional de las algas clorofíceas chilenas: *Codium fragile* y *Ulva lactuca*. Chile. En: *<http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/121457.pdf>,* última consulta: 19 de julio 2013.

Pacheco-Ruiz, I., J.A Zertuche-González, J. Espinoza-Ávalos *et al.* 2008. Macroalgas. En: *Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007.* G.D. Danemann y E. Ezcurra (eds.). INE/SEMARNAT/Pronatura Noroeste/San Diego Natural History Museum, México, pp. 181-214.

Quitral R., V., C. Morales G., M. Sepúlveda L. y M. Schwartz M. 2012. *Propiedades* nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutrición* 39(4):196-202.

Romagnoli, F. 2010. Biogas from marine macroalgae: a new environmental technology, Life cycle inventory for a further LCA. *Scientific Journal of Riga Technical University. Environmental and Climate Technologies* 4(1):97-108.

Sánchez-Rodríguez, I., M.M. Casas-Valdez y A. Sánchez-González. 2010. Cultivo experimental del alga *Ulva* spp., una opción para la nutrición de camarón en La Paz, Baja California Sur, México. En: *II Congreso Latinoamericano de Biotecnología Ambiental y Algal.* Sociedad Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal, Quintana Roo.

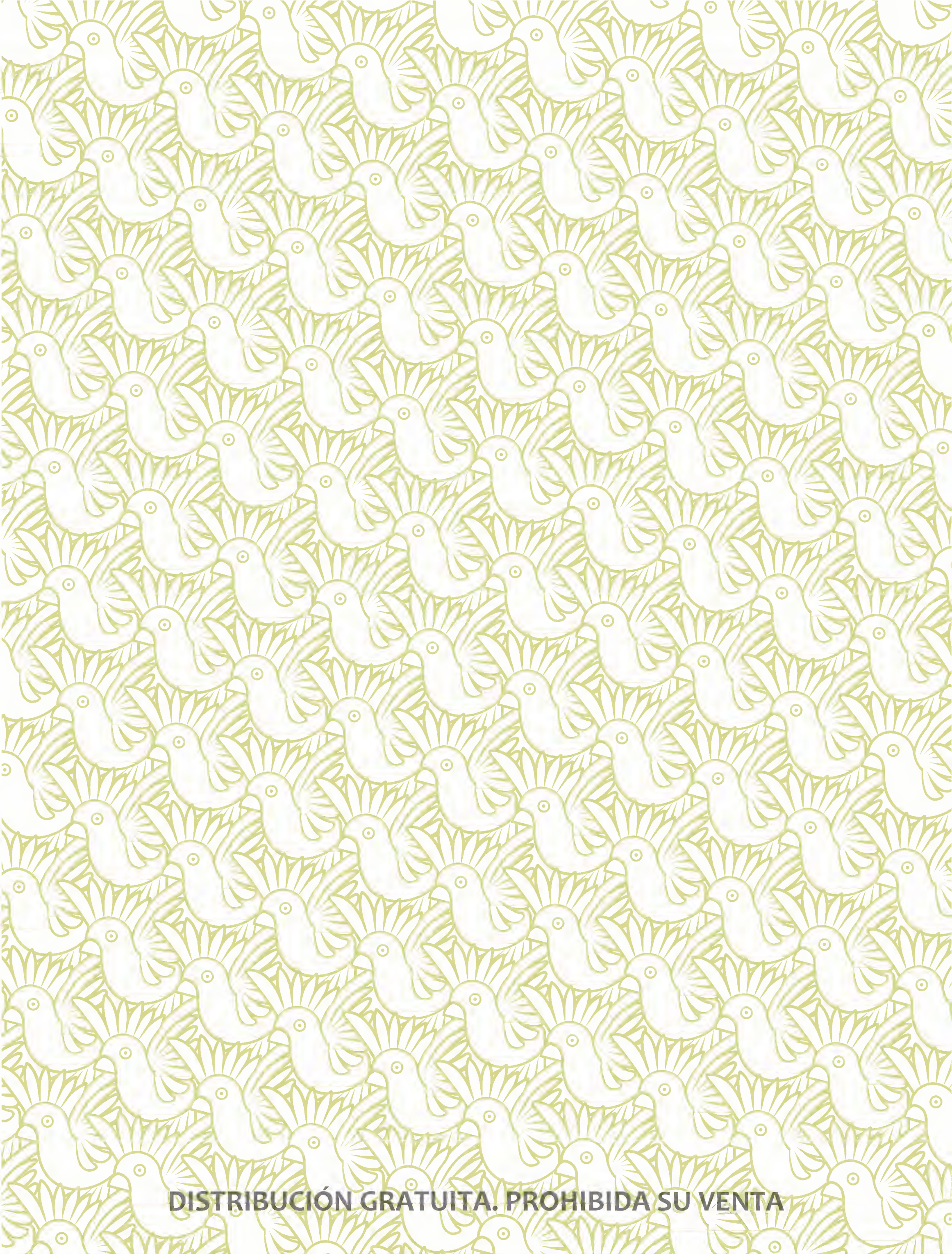
Sarker, S., A. Bruhn, A.J. Ward y H.B. Møller. 2012. *Bio-fuel from anaerobic co-digestion of the macroalgae Ulva lactuca and Laminaria digitata.* Paper presented at International Scientific Conference on Renewable Energy and Energy Efficiency, Latvia.

Sharmila L., R. Jeyanthi y P.D. Merina. 2012. Production of biodiesel from *Chaetomorpha antennina* and *Gracilaria corticata*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 4(11):4870-4874.

Stout, I. y K.M. Dreckmann. 1993. Macroalgas bentónicas de Faro de Bucerías Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Botánica* 1(64):23-33.

Vargas L., V.R., S. Martínez L., J. Verde S. *et al.* 2004. Potencial económico de la flora ficológica del estado de Tamaulipas, México, *Revista Internacional de Botánica Experimental Phyton*:171-179

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Asociaciones de macroalgas bentónicas y dinoflagelados epífitos causantes de ciguatera

JORGE IGNACIO CASILLAS SÁNCHEZ, JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA, MÓNICA CRISTINA RODRÍGUEZ PALACIO, SANDY FABIOLA ANDRADE HERNÁNDEZ Y XAVIER MADRIGAL GURIDI

Los dinoflagelados son organismos eucariontes, unicelulares, algunos con distribución cosmopolita; se pueden encontrar tanto en ambientes marinos como dulceacuícolas, flotando de manera libre o en asociaciones epífitas sobre macroalgas y pastos marinos, o en los espacios intersticiales del sedimento (Faust 1994). De las cerca de dos mil especies descritas en el mundo, 185 tienen la capacidad de producir toxinas u otras sustancias bioactivas que pueden causar envenenamientos en la vida marina y humana, de manera directa o indirecta por el consumo de las especies marinas que las bioacumulan (Yasumoto *et al.* 1977, Morton *et al.* 1998, Smayda y Reynolds 2003).

Aunque la mayoría de los dinoflagelados tóxicos son planctónicos, existen también formas sésiles productoras de ciguatera (también conocida por sus siglas en inglés: CFP, *ciguatera fish poisoning*), que se asocian a diversas macroalgas.

La CFP es un padecimiento común en las regiones subtropicales y tropicales, que se relaciona con la ingestión de toxinas marinas producidas por distintos dinoflagelados epífitos, sobre todo de los géneros *Gambierdiscus*, *Ostreopsis*, *Coolia* y *Prorocentrum* (Tindall *et al.* 1984, Yasumoto *et al.* 1987). Las toxinas implicadas son: ciguatoxinas (CTX) y maitotoxinas (MTX; Yasumoto *et al.* 1977, Yasumoto y Satake 1996), que al ser consumidas por peces ramoneadores de macroalgas, como pargo (*Lutjanus* spp.), lora (*Scarus* spp.), cabrilla (*Epinephelus labriformis*), lisa (*Mugil curema*) y jurel (*Caranx* spp.), viajan a través de las redes tróficas hasta los peces depredadores (Núñez-Vázquez *et al.* 2008). Se ha comprobado que la mayor cantidad de estas toxinas se acumulan en el hígado, el cerebro y las gónadas, también en los huevos, en una proporción 100 veces mayor que en otros tejidos de los peces; asimismo, la toxicidad es proporcional al tamaño del pez.

En el humano la CFP puede producir numerosos síntomas neurológicos, cardiovasculares y desórdenes gastrointestinales (Álvarez *et al.* 1990, Stommel *et al.* 1991); incluso se ha reportado que la cocción y la congelación no tienen efecto sobre la estructura y actividad de estas toxinas.

En lo que respecta a la presencia de estos organismos en la entidad, en el arrecife rocoso El Zapote de Madero y la plataforma rocosa La Majahuita, en el municipio de Aquila (figura 1), se han detectado ocho dinoflagelados asociados a algunas especies de macroalgas de los géneros *Padina*, *Dictyota*, *Sargassum*, *Ulva* y *Grateloupia* (cuadro 1; apéndice 18), que se consideran potencialmente tóxicos (cuadro 1).

Las especies de dinoflagelados *Ostreopsis ovata* (figura 2a), *Prorocentrum lima* (figura 2b) son las que se han detectado con mayor abundancia y frecuencia, mientras que *Gambierdiscus toxicus* (figura 3) es una especie ocasional (apéndice 16).

Es importante mencionar que los registros de estos dinoflagelados para el estado sólo abarcan la zona mesolitoral, en especial dos localidades donde la pesca no es la actividad más importante. Los signos y síntomas de esta intoxicación en humanos pueden llegar a confundirse con enfermedades gastrointestinales, como diarrea abundante y vómitos, que muy rápido pueden llevar a la deshidratación y choque anafiláctico, así como hipersalivación, náusea y dolor abdominal. Arcila-Herrera *et al.* (1998) mencionan para el caso de Yucatán:

> ...lo que es distintivo en esta entidad son las manifestaciones neurológicas, especialmente la hipersensibilidad al frío y la inversión de las sensibilidades calor/frío. Pueden existir sensación de hormigueo o entumecimiento y percepción anormal del dolor en las extremidades y en los labios, cefalea, mareos, vértigos, ataxia, temblores, rigidez del cuello, sensación de dientes flojos, hipersensibilidad en pezones, que solamente ha sido consignada en mujeres, depresión, artralgias y mialgias. Estas manifestaciones pueden ser tempranas y habitualmente siguen, en un tiempo inmediato, a las manifestaciones gastrointestinales.

Casillas-Sánchez, J.I., J.G.A. Ceballos-Corona, M.C. Rodríguez-Palacio, S.F. Andrade-Hernández y X. Madrigal-Guridi. 2019. Asociaciones de macroalgas bentónicas y dinoflagelados epífitos causantes de ciguatera. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 129-132.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

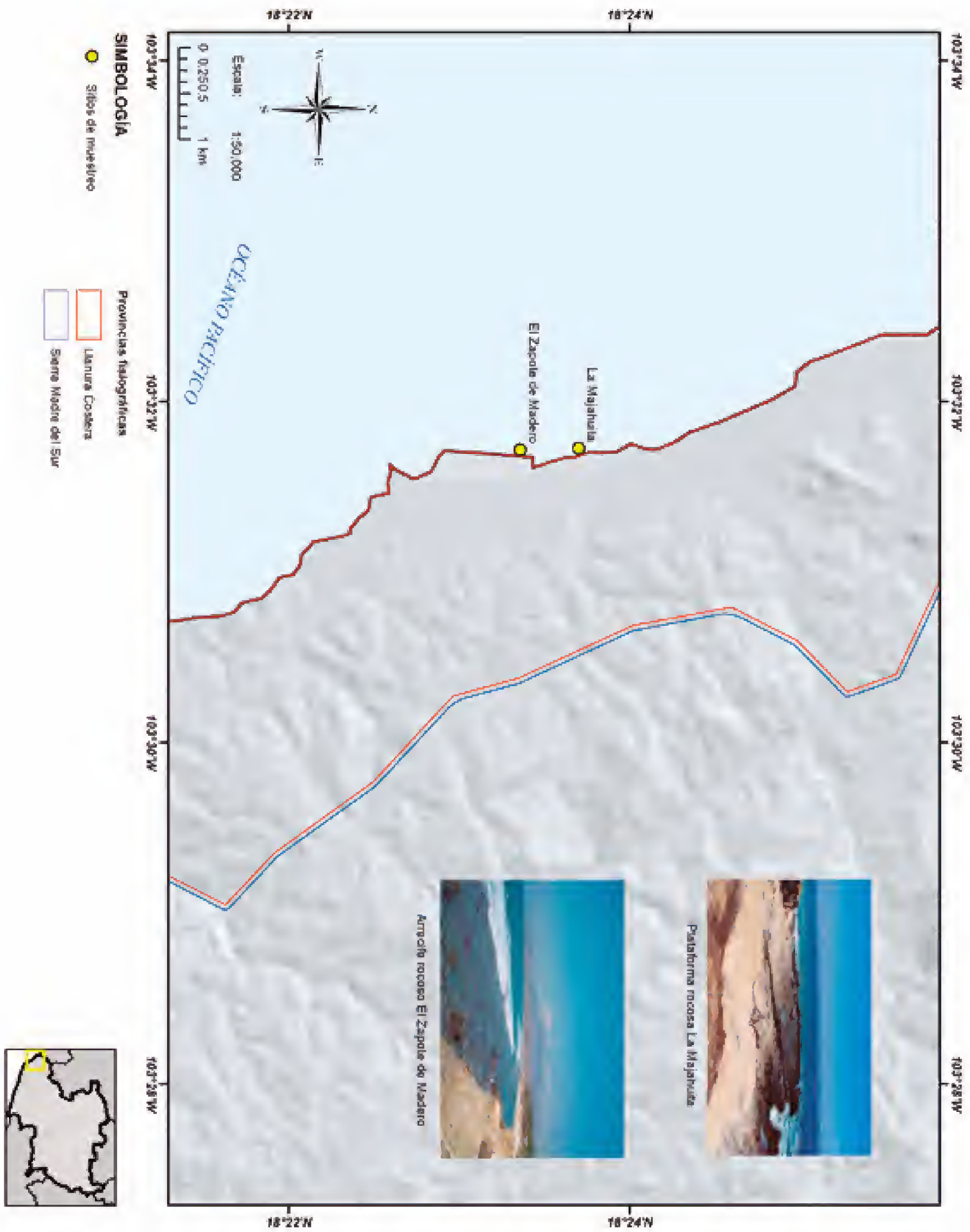


FIGURA 1. Ubicación del arrecife rocoso a) El Zapote de Madero y b) plataforma rocosa de La Majahuita, sitios en donde se han registrado dinoflagelados que provocan ciguatera. Fotos: J. Gerardo A. Ceballos-Corona. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies de dinoflagelados epífitos potencialmente nocivos asociados a macroalgas.

Especies	Toxinas que produce	Sustrato algal
Amphidinium carterae	Ictiotoxinas como el carteraol-E y sustancias hemolíticas	*Padina crispata*
Coolia monotis	Cooliatoxina, un derivado de la yesotoxina (YTX), además de estar implicado en la intoxicación por ciguatoxina (CTX)	*Grateloupia doryphora, Dictyota dichotoma, P. crispata, Sargassum howelii, Ulva rigida*
Ostreopsis heptagona	Ostreotoxinas y palitoxinas	*G. doryphora, D. dichotoma, P. crispata, S. howelii, U. lactuca*
O. lenticularis	Ostreotoxinas y precursora de la ciguatera relacionada con ciguatoxinas (CTX)	*G. doryphora, D. dichotoma, P. crispata, S. howelii, U. rigida*
O. ovata (figura 2a)	Precursora de la ciguatera relacionada con ciguatoxinas (CTX)	*G. doryphora, G. huertana, G. versicolor, D. dichotoma, D. friabilis, P. crispata, P. mexicana, S. howelii, U. lactuca, U. rigida*
O. siamensis	Productora de palitoxinas y precursora de la ciguatera relacionada con ciguatoxinas (CTX)	*G. doryphora, G. huertana, D. dichotoma, D. friabilis, P. crispata, P. mexicana, S. howelii, U. lactuca, U. rigida*
Prorocentrum lima (figura 2*b*)	Asociada a la ciguatera y a las toxinas diarreicas de moluscos (DSP), ácido okadaico (OA), dinophysistoxin-1 (DTX1), dinophysistoxin-2 (DTX2) y dinophysistoxin-4 (DTX4)	*G. doryphora, D. dichotoma, D. friabilis, P. crispata, P. mexicana, S. howelii, U. lactuca, U. rigida*
Gambierdiscus toxicus (figura 3)	Precursora de la ciguatera relacionada con ciguatoxinas (CTX)	*G. doryphora, D. dichotoma, P. crispata, S. howelii, U. rigida*

Fuente: Casillas 2013.

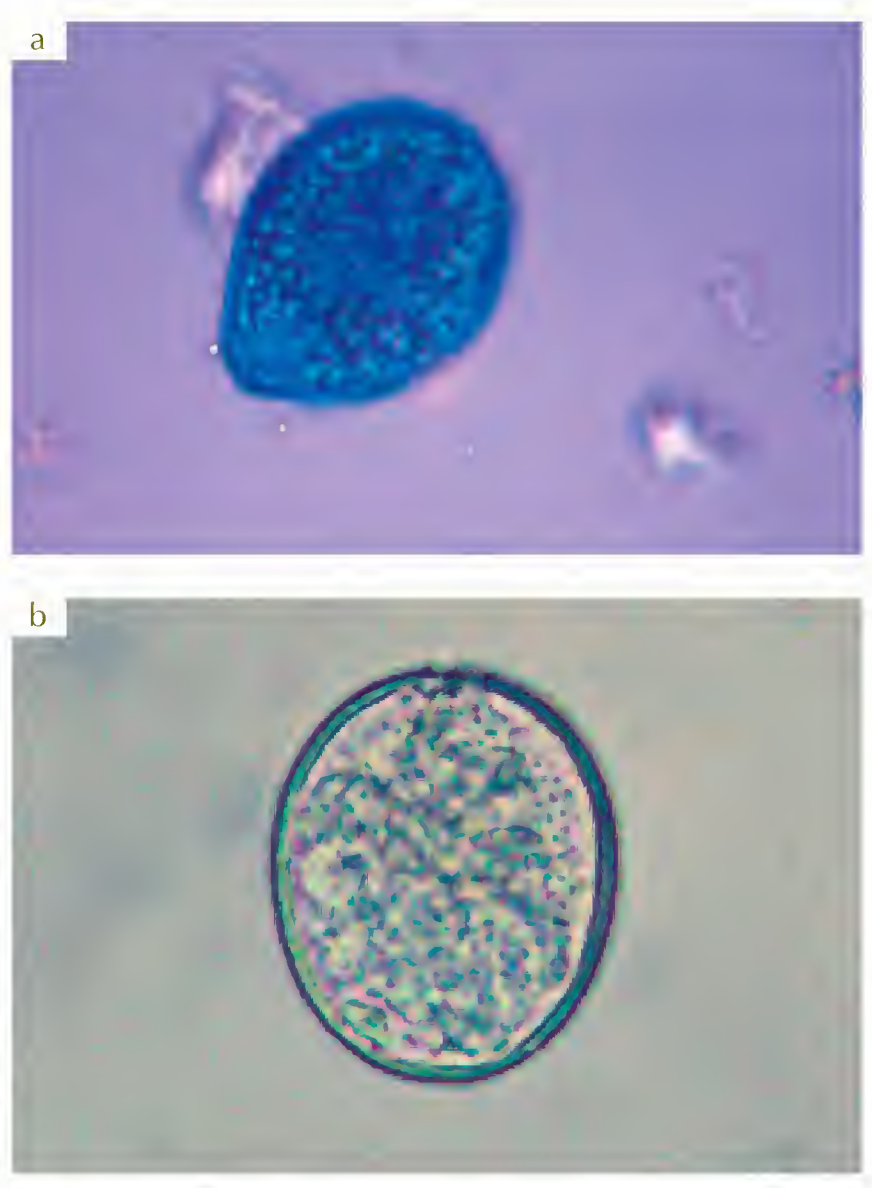


FIGURA 2. Los dinoflagelados productores de ciguatera: a) *Ostreopsis ovata*, b) *Prorocentrum lima*. Fotos: J. Gerardo A. Ceballos-Corona (a), Jorge Ignacio Casillas-Sánchez (b).

FIGURA 3. El dinoflagelado *Gambierdiscus toxicus* es una especie ocasional que se asocia a macroalgas de la costa michoacana. Foto: J. Gerardo Alejandro Ceballos-Corona.

Los primeros síntomas ocurren entre las dos a 12 h después de la ingesta de pescado contaminado; mientras que el cuadro completo se presenta alrededor de las 24 h posteriores a la ingesta y puede durar semanas, meses e incluso años. Los síntomas a largo plazo también pueden incluir disturbios en la memoria inmediata, ansiedad y depresión, y pueden ser también activados por el estrés, consumo de pescado, alcohol y drogas; desafortunadamente no existe antídoto específico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los niveles máximos permitidos de la toxina causante de la CFP en los productos de pesca están especificados en la NOM-242-SSA1-2009 (SS 2011), donde se establece un máximo de 2.5 UR/100g de ciguatoxina en peces subtropicales y tropicales; sin embargo, aún no se ha establecido protocolo para su detección y seguimiento en el estado.

Es necesario que se lleven a cabo estudios de la zona submarina, en áreas donde la captura de peces es mayor, como Las Peñas, Caletilla, Carrizalillo y Caleta de Campos, en el municipio de Lázaro Cárdenas; Pichilinguillo, Cachán, Maruata, Faro de Bucerías, La Manzanillera, en el municipio de Aquila; así como San Telmo y Boca de Apiza, en el municipio de Coahuayana, sitios distribuidos en playas turísticas de la entidad o en estados vecinos como Jalisco, Colima y Guerrero. Además, es importante que se realicen más estudios sobre la presencia de las ciguatoxinas en las especies de peces que se han mencionado en este estudio.

REFERENCIAS

Álvarez, P., C. Duval, T. Colón *et al.* 1990. Ciguatera: clinical, epidemiological and anthropological aspects. En: *Third international conference on ciguatera fish poisoning,* T.R. Tosteson (ed.). Polyscience Publications, Puerto Rico, pp. 169-179.

Arcila-Herrera, H., A. Castello-Navarrete, J. Mendoza-Ayora *et al.* 1998. Diez casos de ciguatera en Yucatán. *Revista de Investigación Clínica* 50(2):149-152.

Casillas S., J.I. 2013. *Análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos asociados a macroalgas bentónicas laminares en la zona norte de la costa michoacana.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Faust, M.A. 1994. Three new species of *Prorocentrum* (Dinophyceae) from Carrie Bow Cay, Belize: *P. sabulosum* sp. nov., *P. sculptile* sp. nov., and *P. arenarium* sp. nov. *Journal Phycology* 30:755-763.

Morton, S.L., P.D. Moeller, K.A. Young y B. Lanoue. 1998. Okadaic acid production from the marine dinoflagellate *Prorocentrum belizeanum* Faust isolated from the Belizean coral reef ecosystem. *Toxicon* 36(1):201-206.

Núñez-Vázquez, E.J., J.L. Ochoa, C.J. Band-Schmidt *et al.* 2008. Ciguatera in Mexico. *13th International Conference on Harmful Algae.* 3-7 november, Hong Kong.

Smayda, T.J. y C.S. Reynolds. 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research* 49(2):95-106.

SS. Secretaría de Salud. 2011. Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Publicada el 10 de febrero de 2011 en el DOF.

Stommel, E., J. Parsonnet y L. Jenkyn. 1991. Polymiositis after ciguatera toxin exposure. *Archives of Neurology* 48(8):874-877.

Tindall, D.R., R.W. Dickey, R.D. Carlson y G. Morey-Gaines. 1984. Ciguatoxigenic dinoflagellates from the Caribbean sea. En: *Seafood toxins. American chemestry society.* E.P. Ragelis (ed.). Symposium Ser., Washington, D.C., pp. 225-240.

Yasumoto, T., I. Nakajima, R.A. Bagnis y R. Adachi. 1977. Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 43(8):1021-1026.

Yasumoto, T., N. Seino, Y. Murakami y M. Murata. 1987. Toxins produced by benthic dinoflagellates. *The Biological Bulletin* 172:128-131.

Yasumoto, T. y M. Satake. 1996. Chemistry, etiology and determination of methods of ciguatera toxins. *Journal of Toxicology. Toxin Reviews* 15:91-107.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Líquenes

MARLENE GÓMEZ PERALTA Y MARÍA DEL ROSARIO GREGORIO CIPRIANO

DESCRIPCIÓN

Los líquenes son organismos simbióticos, integrados por un componente fúngico (micobionte) y uno o más componentes fotosintéticos o fotobiontes (Nash III 1996). El primer componente en su mayoría son hongos ascomicetes y una proporción menor corresponden a hongos imperfectos y basidiomicetes (Hawksworth 1988). El componente fotosintético está representado por algas verdes, sobre todo de los géneros *Trebouxia* y *Trentepohlia,* y por cianobacterias del género *Nostoc* (Friedl y Büdell 1996).

El hongo es el componente principal de esta asociación, mientras que el alga o la cianobacteria se restringe a una sola capa (algal) del cuerpo del liquen (talo). Presentan producción de esporas tanto sexuales como asexuales, dependiendo del grupo de hongo involucrado en la asociación, pero también mecanismos de reproducción asexual que incluyen la producción de estructuras reproductivas de ambos componentes de la simbiosis (soredios e isidios, principalmente). El grupo tiene tres formas de vida: costrosa (en forma de costra y sin corteza inferior), foliosa (en forma de roseta, con ondulaciones y con una superficie superior e inferior distintas) y fruticosa (en forma de ramas aplanadas o circulares con aspecto de arbustos colgantes o erectos).

DIVERSIDAD

En México se han registrado 2 833 especies e infraespecies de líquenes (Herrera-Campos *et al.* 2014), de las 19 387 que se conocen para el mundo (Lücking *et al.* 2016). Para Michoacán se registran 413 taxa que corresponden a 400 especies y 44 infraespecies de líquenes. En el apéndice 19 se presenta el listado sistemático, de acuerdo con la propuesta de clasificación de Lücking *et al.* (2016); los nombres de las especies y los autores de las mismas, de acuerdo con el *Index Fungorum.* Las especies se encuentran distribuidas en 107 géneros y 39 familias, de éstas, ocho son las mejor representadas (cuadro 1) y destacan Parmeliaceae con 25 géneros, 130 especies y dos taxa infraespecíficos, y Physciaceae con ocho géneros, 32 especies y tres taxa infraespecíficos. En cuanto al número de especies por género (cuadro 2), *Usnea* y *Lecanora* son los dos géneros que registran el mayor número de especies; el primero con 35 especies y dos infraespecies y el segundo con 22 especies y 12 taxa infraespecíficos; les siguen *Cladonia* (21 especies y cinco taxa infraespecíficos), *Hypotrachyna* y *Parmotrema*, ambos con 21 especies. No se han reportado especies endémicas para el estado. Los líquenes registrados en esta contribución se han colectado en la entidad, principalmente en hábitat cortícola (sobre cortezas de árboles) y saxícola (sobre rocas), mientras que en los hábitats muscícola (sobre musgos) y terrícola están menos representados. Con respecto a las formas biológicas, los líquenes foliosos (figura 1) son los más abundantes, le siguen los costrosos y los fruticosos.

Gómez-Peralta, M. y M.R. Gregorio-Cipriano. 2019. Líquenes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 133-149.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Familias de líquenes mejor representadas.

Familias	Géneros	Especies	Infraespecies
Parmeliaceae	25	130	2
Physaceae	8	32	3
Caliciaceae	6	29	2
Lecanoraceae	3	24	11
Cladoniaceae	1	21	5
Teloschistaceae	8	18	2
Ramalinaceae	5	16	0
Lobariaceae	5	14	1

Fuente: elaboración propia con datos de las fuentes consultadas.

CUADRO 2. Diversidad de géneros, especies e infraespecies, por familias de líquenes.

Familias	Géneros	Especies	Infraespecies
Acarosporaceae	*Acarospora*	3	
	Pleopsidium	1	
Arthoniaceae	*Arthonia*	2	
	Arthothelium	3	
Arthopyreniaceae	*Arthopyrenia*	1	
Caliciaceae	*Amandinea*	3	
	Buellia	17	1
	Calicium	2	1
	Diplotomma	1	
	Dirinaria	3	
	Pyxine	3	
Candelariaceae	*Candelaria*	3	2
	Candelina	2	
Catillariaceae	*Catillaria*	2	
Chrysothricaceae	*Chrysothrix*	1	
Cladoniaceae	*Cladonia*	21	5
Coccocarpiaceae	*Coccocarpia*	2	
Collemataceae	*Arctomia*	1	
	Collema	1	
	Leptogium	13	3
Graphidaceae	*Diploschistes*	2	
	Graphis	1	
Haematommataceae	*Haematomma*	5	1
Hygrophoraceae	*Cora*	1	
Icmadophilaceae	*Dibaeis*	1	
Lecanographaceae	*Alyxoria*	2	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Familias	Géneros	Especies	Infraespecies
Lecanoraceae	*Lecanora*	22	11
	Lecidella	1	
	Protoparmeliopsis	1	
Lecideaceae	*Lecidea*	9	2
Lobariaceae	*Lobaria*	1	
	Lobariella	2	
	Pseudocyphellaria	2	
	Sticta	6	1
	Yoshimuriella	3	
Megalosporaceae	*Aspicilia*	3	
	Megalospora	2	1
Nephromataceae	*Nephroma*	3	
Ochrolechiaceae	*Ochrolechia*	3	
Pannariaceae	*Fuscopannaria*	1	
	Pannaria	2	
Parmeliaceae	*Alectoria*	2	
	Anzia	1	
	Bulbothrix	1	
	Canomaculina	1	
	Canoparmelia	2	
	Cetraria	1	
	Cetrelia	1	
	Crespoa	1	
	Dolichousnea	1	
	Flavoparmelia	1	
	Flavopunctelia	3	
	Hypotrachyna	21	
	Imshaugia	2	
	Myelochroa	2	
	Nephromopsis	1	
	Oropogon	1	
	Parmelinopsis	1	
	Parmotrema	21	
	Pseudevernia	3	
	Punctelia	5	
	Relicina	1	
	Rimelia	1	
	Tuckermannopsis	1	
	Usnea	35	2
	Xanthoparmelia	19	
Peltigeraceae	*Peltigera*	6	3
Peltulaceae	*Peltula*	1	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Familias	Géneros	Especies	Infraespecies
Pertusariaceae	*Marfloraea*	1	
	Pertusaria	9	1
Physciaceae	*Anaptychia*	1	
	Heterodermia	9	1
	Hyperphyscia	2	
	Phaeophyscia	2	
	Physcia	12	2
	Physconia	1	
	Polyblastidum	2	
	Rinodina	4	
Psoraceae	*Psora*	2	1
Pyrenulaceae	*Pyrenula*	1	
Ramalinaceae	*Bacidia*	4	
	Bilimbia	1	
	Lecania	1	
	Ramalina	8	
	Toninia	2	
Ramboldiaceae	*Ramboldia*	1	
Rhizocarpaceae	*Rhizocarpon*	2	
Roccellaceae	*Roccella*	1	
Stereocaulaceae	*Lepraria*	2	
	Stereocaulon	3	
Teloschistaceae	*Athallia*	1	
	Blastenia	4	
	Caloplaca	7	2
	Fulgogasparrea	1	
	Gyalolechia	2	
	Rusavskia	1	
	Teloschistes	1	
	Xanthoria	1	
Tephromelataceae	*Tephromela*	1	1
Trapeliaceae	*Placopsis*	1	
	Rimularia	1	
	Sarea	1	
Umbilicariaceae	*Lasallia*	2	
Verrucariaceae	*Dermatocarpon*	4	2
	Endocarpon	1	
	Staurothele	2	
	Verrucaria	2	
Total 39	**107**	**400**	**44**

Fuente: elaboración propia con datos de las fuentes consultadas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. *Polyblastidium hypoleucum*. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

La información presentada acerca de la diversidad de líquenes se obtuvo con base en la revisión de las siguientes fuentes de información: Bouly de Lesdain (1914, 1922, 1929, 1933), Leavenworth (1946), Brizuela y Guzmán (1971), Hale y Wirth (1971), Dávalos de Guzmán *et al.* (1972), Poelt (1974), González de la Rosa y Guzmán (1976), Guzmán y González de la Rosa (1976), Hale (1975, 1976*a-c*), Sipman (1986), Gómez-Peralta (1992, 2003), Tibell (1996), Clerk y Herrera-Campos (1997), Herrera-Campos *et al.* (1998, 2001), Timdal (2002), Nash III *et al.* (2004), Brodo *et al.* (2008), Gregorio-Cipriano (2008), Álvarez y Guzmán-Dávalos (2009); así como de la información obtenida de ejemplares de líquenes depositados en el IBUG (Herbario de la Universidad de Guadalajara; Álvarez, 2010); de la base de datos de la colección de líquenes del EBUM (Herbario de la Facultad de Biología, UMSNH) y de la colección histórica del mismo (ejemplares de Manuel Martínez Solórzano colectados a principios del siglo XX).

Los nombres y las autoridades de las especies registradas para Michoacán en las publicaciones mencionadas se actualizaron de acuerdo con el *Index Fungorum* (base de datos que reúne información de instituciones, proyectos y especialistas, para indexar los nombres científicos correctos del reino Fungi; incluye los autores de las especies, entre otros datos); cuando no se obtuvo información de esa fuente se recurrió a las publicaciones de los especialistas en el grupo.

Es importante resaltar que en el presente estudio se registra un considerable avance en el conocimiento de la diversidad de los líquenes de Michoacán; ya que en la publicación anterior (Gómez-Peralta y Gómez-Reyes 2005), se registraron sólo 200 especies, 29 familias y 23 taxa infraespecíficos.

DISTRIBUCIÓN

La información sobre la distribución de las especies de líquenes en México aún no existe, ya que los estudios sobre estos organismos son escasos en el país y los pocos que se han publicado se limitan a trabajos florísticos aislados.

Los líquenes registrados para la entidad se distribuyen sobre todo en el Sistema Volcánico Transversal (399 taxa), en la Altiplanicie se registran 32 taxa, mientras que en el resto de las provincias fisiográficas hay pocos registros: 10 en la Sierra Madre del Sur; cinco en la Llanura Costera y tres en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec (apéndice 19).

Las especies registradas se localizan en 32 municipios (figura 2), el doble de lo reportado por Gómez-Peralta y Gómez-Reyes (2005). Destacan el municipio de Morelia, con 296 especies y el de Hidalgo con 97; para nueve municipios se registran de 12 a 35 especies, sobresalen Angangueo y Huaniqueo (35 y 31 especies, respectivamente); en los 21 municipios restantes se han registrado de una a nueve especies, entre los que se encuentran ejemplares tanto de la Costa, Tierra Caliente, oriente y centro del estado.

Las asociaciones vegetales en las que se han colectado las especies registradas para el Sistema Volcánico Transversal, de acuerdo con el número de registros, corresponden sobre todo a los bosques templados (bosque de pino-oyamel-encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino y bosque mesófilo de montaña), así como al matorral subtropical y vegetación secundaria, en la que se incluyen además las plantaciones urbanas. Para la Altiplanicie se han registrado especies en el matorral subtropical, bosque

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

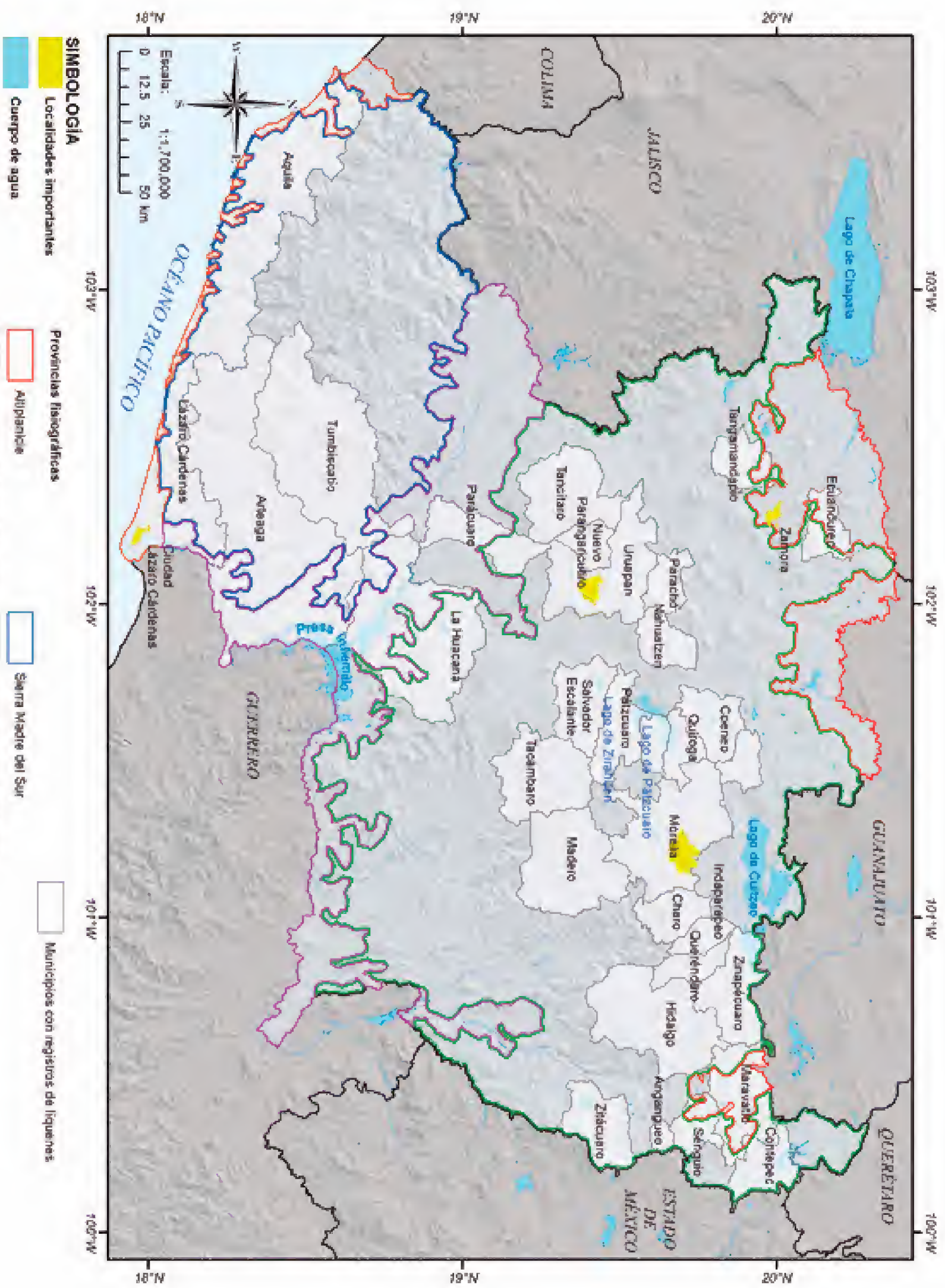


FIGURA 2. Municipios con registros de especies de líquenes. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de encino y el pastizal secundario; en la Llanura Costera, en el bosque tropical caducifolio, bosque tropical subperennifolio y asociación de dunas costeras; en la Sierra Madre del Sur en el bosque de encino y bosque tropical caducifolio; y en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec en el bosque tropical caducifolio (información obtenida de la base de datos de la colección de líquenes del EBUM; así como de las diversas fuentes consultadas para esta contribución).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Considerando que debido a sus adaptaciones para colonizar rocas, a su resistencia a la desecación y a temperaturas extremas, a su longevidad y baja tasa de crecimiento y a su capacidad para adherirse, penetrar y digerir los minerales de las rocas, los líquenes juegan un papel importante en la formación del suelo (Topham 1977), por lo que se sugiere que las especies saxícolas: *Candelina mexicana* (figura 3), *Rhizocarpon grande*, *Usnea halei* y *Xanthoparmelia subramigera*, características de los pedregales del estado (Base de datos de la colección de líquenes del EBUM) sean consideradas como especies clave en la sucesión ecológica de los ambientes en la entidad. Algunas especies de *Xanthoparmelia* son mencionadas por Woolhouse *et al.* (1985) como representantes de estadios sucesionales, tanto iniciales como avanzados, mientras que *Rhizocarpon grande* está representado en los estadios sucesionales avanzados.

FIGURA 3. *Candelina mexicana*. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

Los líquenes forman parte de la costra biológica del suelo (CBS), comunidad biótica formada por la íntima asociación entre partículas del suelo, cianobacterias, algas, hongos, líquenes, hepáticas y briófitas; están ampliamente distribuidos en muchos tipos de suelo y en casi todas las comunidades vegetales donde la luz alcanza la superficie (Castillo-Monroy y Maestre 2011). Un ejemplo de líquenes que forman parte de esta comunidad es *Peltula michoacanensis*, especie clave en los ciclos del carbono y del nitrógeno, así como indispensable en la estabilidad del suelo (Jiménez-Aguilar 2005).

Otras especies reportadas en el estado con funciones benéficas hacia la calidad del suelo son: *Peltigera polydactylon* y *Leptogium phyllocarpum* var. *phyllocarpum* (figura 4), los que destacan por su importancia como fijadoras de nitrógeno y por la presencia de cianobacterias como parte del componente fotobionte (Millbank 1976, Tovar 1993).

FIGURA 4. *Leptogium phyllocarpum* var. *phyllocarpum*. Foto: Marlene Gómez Peralta.

Los líquenes son sensibles a los contaminantes que se encuentran en la lluvia y en la humedad atmosférica, los cuales se les incorporan a través del talo y les provocan síntomas de contaminación o bien los hacen desaparecer de lugares contaminados (Gómez-Peralta y Chávez-Carmona 1995, Gómez-Peralta y Gómez-Reyes 2007). Cabe anotar que algunas especies de los géneros *Leptogium* (figura 5), *Peltigera* y *Sticta*, son muy sensibles, mientras que otras como *Flavopunctelia flaventior* (figura 6a) y *Punctelia perreticulata* (figura 6b), permanecen en lugares contaminados aunque presentan síntomas; por el contrario, las especies del género *Lecanora* (figuras 7 y 8) son muy resistentes.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. *Leptogium* sp. Foto: Marlene Gómez Peralta.

FIGURA 6. Síntomas de contaminación presentes en dos especies de líquenes: a) *Flavopunctelia flaventior* con cambio de coloración, b) *Punctelia perreticulata* con clorosis y erosión de la corteza superior. Fotos: Eloísa Prado Banda.

FIGURA 7. *Lecanora achroa*. Liquen costroso que se ha observado como resistente. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

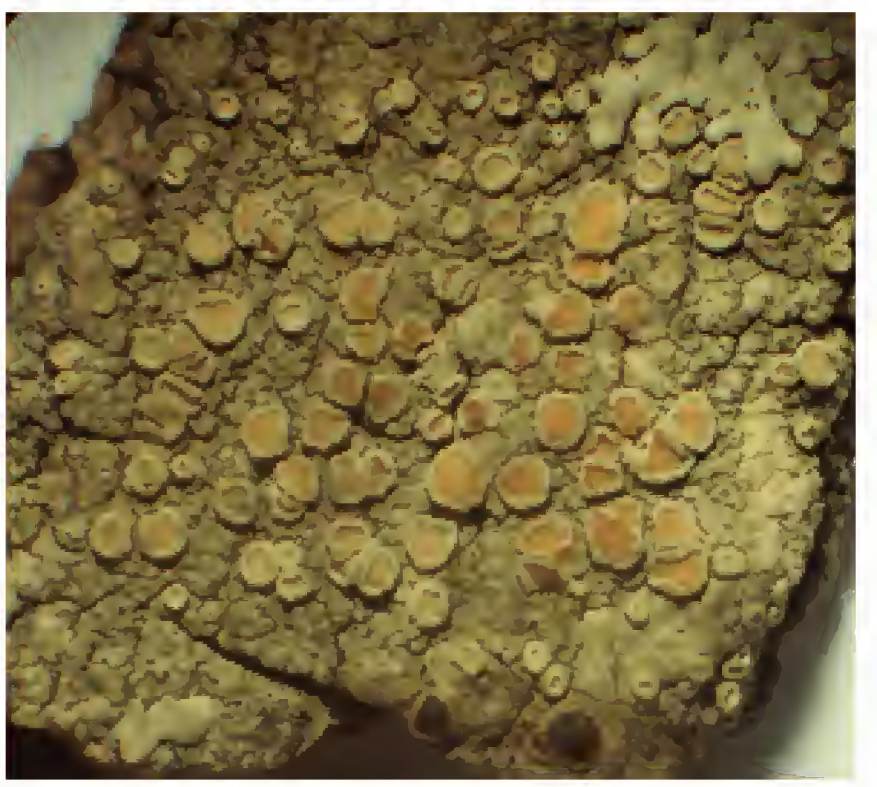


FIGURA 8. *Lecanora hybocarpa*. Liquen costroso y resistente. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

IMPORTANCIA ECONÓMICA

La presencia de ácidos liquénicos, compuestos únicos de estos organismos (productos del metabolismo secundario del hongo, sólo en estado liquenizado), con propiedades tintóreas y antibióticas, los hace potencialmente importantes (Brodo *et al.* 2001, Burkholder *et al.* 1944). *Roccella gracilis* (sinonimia de *R. babingtoni,* figura 9a), presente en la costa, tiene propiedades tintóreas comprobadas (Gómez-Peralta *et al.* 1994), así como otras especies del género *Usnea* (Enríquez 2010; figuras 9b, c). Las propiedades antibióticas de algunos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 9. a) *Roccella gracilis*, especie con propiedades tintóreas, b) colores obtenidos con especies del género *Usnea* (izquierda) y con *Roccella gracilis* (derecha) y c) colores obtenidos con diferentes especies de líquenes. Fotos: Marilyn Ruiz Contreras (a, b), Dante Ivan Enríquez (c).

FIGURA 10. *Parmotrema tinctorum*, especie con importancia antibiótica. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

líquenes se han comprobado a nivel experimental. En el estado se presentan 26 especies que contienen sustancias activas contra 17 bacterias diferentes (véase Estudio de caso. Propiedades antibióticas de los líquenes, en esta obra); un ejemplo es *Parmotrema tinctorum* (figura 10).

Los líquenes que se desarrollan sobre rocas están relacionados con procesos de deterioro fisicoquímico, lo que se vuelve un problema cuando la colonización ocurre sobre sustratos rocosos de importancia histórica o cultural en los que se tienen que aplicar técnicas de restauración (Piervittori *et al.* 2009). En Michoacán, el biodeterioro que causan los líquenes es un aspecto que no se ha abordado; aunque existe el registro de *Xanthoparmelia plittii*, recolectada en edificios del centro histórico de la ciudad de Morelia (Santillán 1995) y de *Xanthoria* sp. (figura 11), observada en el atrio del exconvento de Charo.

IMPORTANCIA CULTURAL

Los líquenes son organismos clasificados en la taxonomía tradicional utilizada por los purépecha como parte del grupo *tamanda*, que incluye a los hongos que crecen sobre los troncos; además, separan a los líquenes

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 11. *Xanthoria* sp., liquen costroso que crece sobre edificios históricos. Foto: Marlene Gómez Peralta.

por los sustratos donde se desarrollan: *t'sakapu ts'ipata*: flor de piedra y *anatapu ts'ipata*: flor de árbol (Mapes *et al.* 1981*a*). También los utilizan como plantas medicinales, por ejemplo, *Flavoparmelia caperata*, *Pseudevernia intensa*, *Ramalina ecklonii* y *Usnea strigosa*, remedios tradicionales contra golpes de pecho; también se utilizan hervidos con sal y cal (Mapes *et al.* 1981*b*).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Debido al poco conocimiento que existe sobre los líquenes en México, estos organismos no están incluidos en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, al revisar información de diferentes autores para otros países (Aguirre y Rangel 2007, Atienza y Segarra 2000, Randlane *et al.* 2008, Woods y Coppins 2012, Woods 2010, Liška *et al.* 2008), se encontró que 128 de los 413 taxones registrados para la presente contribución (cuadro 3), podrían estar en riesgo según los criterios de la UICN (2001, 2003). Se indican en el cuadro con negrillas nueve especies que se consideran comunes y con varios registros, de acuerdo con la base de datos de la colección de líquenes del EBUM y con la literatura consultada para la presente contribución; así, para Michoacán sólo se consideran 117 taxones en alguna categoría de riesgo; se indican también, resaltados en rojo, 37 taxones que no se han vuelto a colectar en 100 años y que corresponden a las colectas de Arsène en los alrededores de Morelia de 1909 a 1912. Por otra parte, 136 taxones (cuadro 4) se pueden considerar amenazados y son, en su mayoría, de las colectas de Arsène, y *Buellia triseptata* y *Caloplaca floridana* de las colectas en Morelia de Martínez Solorzano en 1913 (Gómez-Peralta 2012, Colección histórica del EBUM). Por lo anterior, 253 de los 413 taxones de líquenes en Michoacán (61.25%) podrían encontrarse en alguna categoría de riesgo.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

La mayoría de las especies de líquenes son cosmopolitas y algunas son muy resistentes a la contaminación ambiental o bien se desarrollan en ambientes extremos (Hawksworth *et al.* 2005, Barreno-Rodríguez y Pérez-Ortega 2003), y aunque ninguna especie en Michoacán está bajo estatus de protección, de acuerdo con la norma nacional, se considera que el grupo enfrenta amenazas que pueden llegar a mermar la diversidad de especies en el estado.

La principal amenaza es sin duda la tala de bosques. Michoacán se encuentra entre las entidades que presentan mayor superficie de pérdida de recurso forestal a nivel nacional, con 13 373 ha/año (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010).

Algunas especies corren peligro de desaparecer de sus localidades, sobre todo como las marcadas en rojo en el cuadro 3 y las enlistadas en el cuadro 4; así como aquellas que se distribuyen casi de forma exclusiva en comunidades vegetales que son muy reducidas y que además están en peligro de desaparecer, como los bosques mesófilos de montaña (Rzedowski 1996).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Especies de líquenes que podrían ser incluidas en alguna categoría de la UICN.

Especie	1	2	3	4	5	6
Alyxoria varia	CR				LC	NT
Amandinea extenuata	EN					
Athallia holocarpa					LC	LC
Bacidia laurocerasi			NT		LC	RE
B. phacodes					LC	
B. rubella	CR				LC	VU
Blastenia ferruginea					DD	RE
Bulbothrix coronata	CR					
Buellia aethalea					LC	LC
B. disciformis					LC	VU
B. spuria					DD	DD
B. stellulata	CR				LC	
B. subdisciformis	CR				LC	
Calicium hyperelloides	VU			CR		
Caloplaca cerina var. *cerina*						VU
Candelaria concolor					LC	
Candelina mexicana	VU					
C. submexicana	EN					
Canomaculina subtinctoria	EN					
Chrysothrix candelaris					LC	VU
Cladonia bacillaris	CR					
Cladonia cervicornis subsp. *verticillata*						VU
C. chlorophaea					LC	LC
C. coniocraea					LC	
C. cenotea						LC
C. coccifera						LC
C. decorticata			VU			RE
C. fimbriata					LC	LC
C. furcata						LC
C. incrassata			NT		NT	CR
C. macilenta					LC	LC
C. ochrochlora					LC	LC
C. pyxidata					LC	LC
C. furcata subsp. *furcata*						LC
C. subulata					LC	LC
Dermatocarpon luridum			DD		LC	VU
D. miniatum var. *miniatum*					LC	
Diploschistes actinostomus				CR		
D. scruposus					LC	LC
Diplotomma alboatrum					LC	NT
Dirinaria aegialita	CR					
D. confusa	CR					
Endocarpon pallidum						DD
Flavoparmelia caperata			EN			EN
Flavopunctelia flaventior						VU
Graphis scripta	VU				LC	VU
Gyalolechia flavorubescens					CR	RE
G. flavovirescens	CR				LC	NT

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especie	1	2	3	4	5	6
Heterodermia leucomelos					VU	
H. speciosa						CR
Hyperphyscia adglutinata var. *pyrithrocardia*	VU		RE		LC	EN
H. syncolla	EN					
Hypotrachyna laevigata					LC	
H. revoluta					LC	CR
Imshaugia aleurites						VU
Lasallia pustulata			VU		LC	NT
Lecania naegelii					LC	NT
Lecanora achroa	CR					
L. albella						EN
L. albellula var. *albellula*					LC	
L. chlarotera	CR				LC	LC
L. conizaeoides f. *conizaeoides*						LC
L. saligna					LC	
L. strobilina					VU	CR
L. subcarnea						EN
Lecidea mutabilis	CR					
Lecidella carpathica						LC
Leptogium austroamericanum	CR					
L. burgessii					VU	
L. cyanescens		VU	DD		NT	CR
Lepraria caesioalba						LC
L. incana	EN				LC	LC
Marfloraea ophtalmiza					DD	CR
Nephroma resupinatum			EN			CR
Ochrolechia pallescens						CR
Opegrapha herbarum			DD		LC	
Pannaria conoplea					NT	RE
P. rubiginosa					CR	RE
Parmotrema arnoldii					DD	
P. crinitum					NT	RE
P. hababianum	CR					
P. perforatum	NT					
P. reticulatum		EN			LC	
P. stuppeum						RE
Peltigera canina					LC	VU
P. neckeri					LC	VU
P. polydactylon					VU	EN
P. rufescens					LC	NT
Pertusaria hymenea					LC	EN
P. leioplaca	CR				LC	VU
P. pertusa					LC	EN
P. tuberculifera	CR					
Phaeophyscia constipata						CR
Physcia aipolia					LC	EN
P. caesia					LC	LC
P. stellaris	CR				LC	VU

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especie	1	2	3	4	5	6
P. tribacia var. *tribacia*	VU				LC	VU
Pleopsidium chlorophanum						VU
Punctelia perreticulata			RE		LC	VU
Pyxine sorediata	VU					
Ramalina complanata	VU					
R. farinacea					LC	VU
Rhizocarpon grande						VU
Rusavskia sorediata			VU			EN
Stereocaulon condensatum			VU		NT	VU
S. tomentosum						RE
Sticta fuliginosa					VU	CR
Usnea andina	NT					
U. arbusculiformis	CR					
U. brasiliensis	CR					
U. ceratina					LC	RE
U. cirrosa	EN					
U. cornuta					LC	RE
U. glabrata			CR		DD	RE
U. horrida	CR					
U. intermedia	CR					CR
U. mollis	CR					
U. moreliana	VU					
U. rubicunda					LC	
U. spinulifera	EN					
U. strigosa	CR					
U. subfloridana					LC	EN
U. sulcata	VU					
Verrucaria fuscella					LC	VU
Xanthoparmelia conspersa					LC	LC
Xanthoria elegans	CR				LC	LC
Total	**126 taxa**					

37 especies marcadas en rojo no son colectadas desde hace 100 años. En negrillas se señalan las especies comunes. Lista de categorías UICN (2001, 2003): CR: en peligro crítico, EN: alto riesgo de extinción, NT: casi amenazado, VU: vulnerable, LC: preocupación menor, DD: datos deficientes, RE: regionalmente extinto. Fuente: elaboración propia con datos de Atienza y Segarra 2000, Aguirre y Rangel 2007, Liska *et al.* 2008, Randlane *et al.* 2008, Woods 2010, Woods y Coppins 2012.

CUADRO 4. Líquenes no colectados desde hace 100 años.

Especie	Especie
Acarospora mexicana	*A. moreliiense*
A. moreliana	*Aspicilia albomarginata*
A. tersa	*A. cinereoglauca*
Anzia taeniata	*A. testaceorubra*
Arctomia fascicularis	*Bacidia moreliiensis*
Arthonia brouardii	*Bilimbia flavidosulphurea*
Arthopyrenia nigrofurfuracea	*Blastenia erythroleucodes*
Arthothelium azulense	*B. moreliiensis*
A. dendriticum	*B. ochraceoferruginea*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Continuación.

Especie	Especie
Buellia arsenii	*L. subcontinuior*
B. cinereocaesia	*L. submutabilis*
B. cinereorufescens	*L. tessellata* var. *mexicana*
B. fuscoatroides	*L. tessellina*
B. indissimilis	*Leptogium chloromelum* var. *laevius*
B. lesdainii	*L. cochleatum*
B. morelliensis	*L. diaphanum*
B. punctiformis	*L. hildenbrandii*
B. subaethalea	*L. papillosum*
B. subdisciformis var. *meiosperma*	*L. phyllocarpum* var. *macrocarpum*
B. subpunctiformis	*L. dissecta*
B. triseptata	*L. subdissecta*
B. zapotensis	*Megalospora carneoroseola*
Calicium curtum var. *denigratum*	*M. versicolor* var. *incondita*
C. cinnabarina var. *opaca*	*Nephroma helveticum*
C. floridana	*N. saxicola*
C. hueana	*Nephromopsis fendleri*
C. moreliensis	*Oropogon loxensis*
Candelaria concolor var. *substellata*	*Parmelinopsis horrescens*
Catillaria brouardii	*Parmotrema moreliense*
C. pseudoleptocheila	*P. ultralucens*
Cetraria urceolata	*Peltigera canina* f. *leucorrhiza*
Cladonia dactylota	*P. canina* f. *rufescens*
C. didyma var. *muscigena*	*P. dolichorrhiza* f. *dolichorrihiza*
C. pityrea var. *zwackii*	*Peltula michoacanensis*
Coccocarpia erythroxyli	*Pertusaria arsenii*
C. glaucophthalmum	*P. azulensis*
Dermatocarpon miniatum var. *complicatum*	*P. leioplaca* var. *octospora*
D. muhlenbergii	*P. mariae*
Fulgogasparrea brouardii	*P. moreliensis*
Haematomma subpuniceum var. *dolichosporum*	*Physcia alba* var. *obsessa*
H. subpuniceum	*P. mexicana*
Hyperphyscia adglutinata var. *pyrithrocardia*	*P. substellaris*
Hypotrachyna americana	*Placopsis brachyloba*
H. physcioidea	*Protoparmelia nashii*
Lecanora albella var. *arsenei*	*Psora nigrorufa*
L. amabilis	*P. parvifolia* var. *corallina*
L. atra f. *americana*	*Pyxine petricola*
L. atra var. *dolichospora*	*Ramalina yemensis*
L. azulensis	*Ramboldia russula*
L. caesiorugosa	*Rinodina azulensis*
L. campestris subsp. *campestris*	*R. mexicana*
L. cinereocarnea	*R. suboreina*
L. conizaea var. *americana*	*Sarea resinae*
L. pallidofusca	*Staurothele moreliiensis*
L. subfusca f. *allophana*	*S. polygonia*
L. subfusca var. *subgranulata*	*Sticta lenormandii*
L. viriduloflava	*S. sinuosa* f. *cephalodiophora*
Lecidea fuscoatrata	*S. sinuosa*
L. goniophila	*S. tomentosa*
L. goniophila var. *minor*	*Tephromela atra* var. *atra*
L. moreliiensis	*Toninia caeruleonigricans*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Continuación.

Especie	
T. submexicana	
Usnea densirostra	
U. perplexans	
U. florida var. *scabrosa*	
U. jelskii	
U. mirabilis	
U. retifera	
U. rubicunda var. *primaria*	
U. rubiginea	
U. trichinella	
Verrucaria glaucina	
Xanthoparmelia novomexicana	
X. stenophylla	
Yoshimuriella corrosa	
Total	**136 taxa**

Fuente: elaboración propia con datos de fuentes consultadas.

Esos bosques, en Michoacán, se encuentran en las barrancas y cañadas del Sistema Volcánico Transversal y de la Sierra Madre del Sur (Madrigal-Sánchez 1997); tal es el caso de *Pseudocyphellaria aurata* y las especies del género *Leptogium*.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Entre las acciones que pueden llevarse a cabo para la conservación de este grupo de organismos es la difusión de su importancia ecológica, ya que si el conocimiento de su diversidad es bajo, su importancia ecológica se subestima aún más. Es necesaria la formación de recursos humanos en taxonomía de líquenes para elevar el reducido número de especialistas que existen en el país y en el estado, así como contar con grupos y líneas de investigación que generen conocimiento sobre la diversidad y ecología y, por lo tanto, sobre estrategias de conservación de este grupo en Michoacán.

REFERENCIAS

Aguirre C. y J.O. Rangel Ch. 2007. Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia. Una aproximación inicial. *Caldasia* 29:235-262.

Álvarez, I. 2010. Investigadora del Herbario del Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología de la Universidad de Guadalajara (IBUG). Comunicación personal, septiembre.

Álvarez, I. y L. Guzmán-Dávalos. 2009. *Flavopunctelia* y *Punctelia* (Ascomycetes liquenizados) de Nueva Galicia, México. *Revista Mexicana de Micología* 29:15-29.

Atienza, V. y J.G. Segarra. 2000. Preliminary red list of the lichens of the valencian community (eastern Spain). *Forest Snow and Landscape Research*. 75:391-400.

Barreno-Rodríguez, E. y S. Pérez-Ortega. 2003. Biología de los líquenes. En: *Líquenes de la reserva natural integral de Muniellos, Asturias*. Consejería del Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructura del Principiado de Asturias (ed.). Krk Ediciones, Oviedo, pp. 65-82.

Base de datos de la colección de líquenes del herbario de la facultad de biología (EBUM). UMSNH. Inédito.

Bouly de Lesdain, M. 1914. *Lichens du Mexique. (Etats de Puebla et Michoacán). Recueillis par le Frère Arsène Brouard*. Imprenta Escalante, S.A., México.

——. 1922. *Lichens du Mexique. (Etats de Puebla et Michoacán). Recueillis par le Frère Arsène Brouard*. 1er Supplement. Luisiana.

——. 1929. Lichens du Mexique recueillis par le Frére Amable St. Pierre. *Annales de Cryptogamie Exotique* 2:217-255.

——. 1933. Lichens du Mexique recueillis par les Frères G. Arsène et Amable Saint-Pierre. Troisième Supplèment. *Annales de Cryptogamie Exotique* 6:99-130.

Brizuela, F. y G. Guzmán. 1971. Estudios sobre los líquenes de México II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 5:79-103.

Brodo, I.M., W.L. Culberson y CH.F. Culberson. 2008. *Haematomma* (Lecanoracea) in North and Central America, including the west indies. *The Bryologist* 111:363-423.

Brodo, I.M., S. Duran-Sharnoff y S. Sharnoff. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven y Londres.

Burkholder, P.R., A.W. Evans, I. McVeigh y H.K. Thorton. 1944. Antibiotic activity of lichens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 30:250-255.

Castillo-Monroy, A.P. y F.T. Maestre. 2011. La costra biológica del suelo: avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:1-21.

Clerk, P. y M.A. Herrera-Campos. 1997. Saxiculous species of *Usnea* subgenus *Usnea* (Lichenized Ascomycetes) in North America. *The Bryologist* 100:281-301.

Céspedes-Flores, S.E. y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida del recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental* 2:5-13.

Colección histórica del herbario de la facultad de biología (EBUM), UMSNH. Inédito.

Dávalos de Guzmán, L., F. Brizuela y G. Guzmán. 1972. Estudios sobre los líquenes de México I. Notas sobre algunas especies. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 19:9-20.

Enríquez R., D.I. 2010. Obtención de colorantes a partir de líquenes. Informe de la estancia del verano de la ciencia. Facultad de Biología-UMSNH. Inédito.

Friedl, T. y B. Büdell. 1996. Photobionts. En: *Lichen Biology*. Nash III, T.H. (ed.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 8-23.

Gómez-Peralta, M. 1992. Contribución al conocimiento de los líquenes del campo geotérmico Los Azufres, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 18:31-53.

——. 2003. La colección de líquenes del herbario de la facultad de biología a dos décadas de su formación. *Biológicas* 5:71-82.

——. 2012. La colección de líquenes del herbario de la facultad de biología (EBUM). En: *Memoria de las plantas. Pasado y presente del herbario de la facultad de biología*.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

M.A. Chávez C. y M. Gómez Peralta (coords.). UMSNH, Michoacán, pp. 161-174.

Gómez-Peralta, M. y A. Chávez-Carmona. 1995. Líquenes como indicadores biológicos en el campo geotérmico Los Azufres, Michoacán, México. *Geotermia. Revista Mexicana de Geoenergía* 11:137-143.

Gómez-Peralta, M. y V.M. Gómez-Reyes. 2005. Hongos y líquenes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor Gómez (ed.). Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA)/CONABIO/UMSNH, Michoacán, pp. 65-66.

——. 2007. Líquenes y musgos de Morelia relacionados con la calidad del aire. *Biológicas* 9:5-11.

Gómez-Peralta, M., P. Silva-Sáenz y F. Hernández V. 1994. Diseño de una técnica para la obtención de un colorante natural a partir de *Roccella babingtonii* Mont. En: *Memoria del V Congreso Nacional de Micología*. Sociedad Mexicana de Micología/Universidad de Guanajuato, México.

González de la Rosa, M.E. y G. Guzmán. 1976. Estudios sobre los líquenes de México III. Observaciones sobre especies no consideradas anteriormente. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 10:27-64.

Gregorio-Cipriano, M.R. 2008. *Flora liquénica de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Guzmán, G. y Ma. E. González de la Rosa. 1976. Estudios sobre los líquenes de México IV. Especies de *Usnea* citadas por Motyka en 1936-1938. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 10:65-70.

Hale, M.E. 1975. A revision of the lichen genus *Hypotrachyna* (Parmeliaceae) in tropical america. *Smithsonian Contribution to Botany* 25:1-73.

——. 1976*a*. A monograph of the lichen genus *Bulbothrix* Hale (Parmeliacea). *Smithsonian Contributions to Botany* 32:1-29.

——. 1976*b*. A monograph of the lichen genus *Parmelina* Hale (Parmeliaceae). *Smithsonian Contribution to Botany* 33:1-60.

——. 1976*c*. A monograph of the lichen genus *Pseudoparmelia* Lynge (Parmeliaceae). *Smithsonian Contribution to Botany* 31:1- 62.

Hale, M.E. y M. Wirth. 1971. Notes on *Parmelia* subgenus *Everniformes* with descriptions of six new species. *Phytologia* 22:36-40.

Hawksworth, D.L. 1988. The fungal partner. En: *Handbook of lichenology*. Vol. 1. M. Galun (ed.). CRC Press, Inc. EUA, pp. 35-38.

Hawksworth, D.L., T. Iturriaga y A. Crespo. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22:71-82.

Herrera-Campos, M.A., P. Clerc y T.H. Nash III. 1998. Pendulous species of *Usnea* from the temperate forest in México. *The Bryologist* 101:303-329.

Herrera-Campos, M.A., T.H. Nash III y A. Zambrano G. 2001. Preliminary study of the *Usnea fragilescens* aggregate in Mexico. *The Bryologist* 104(2):303-329.

Herrera-Campos, M.A., R. Lücking, R.E. Pérez-Pérez *et al.* 2014. Biodiversidad de Líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:82-99.

Index Fungorum. 2012. En: *<http://www.indexfungorum.org>*, última fecha de consulta: 10 de octubre de 2018.

Lücking, R., B.P. Hodkinson y S.D. Leavitt. 2016. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota-Approaching one thousand genera. *The Bryologist* 119(4):361-416.

Jiménez-Aguilar, A. 2005. *Caracterización funcional de costras biológicas de suelo en un pastizal semiárido de San Luis Potosí*. Tesis de maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., San Luis Potosí.

Leavenworth, W.C. 1946. A preliminary study of the vegetation of the region between cerro Tancitaro and the rio Tepalcatepec, Michoacan, Mexico. *American Midland Naturalist* 36:137-206.

Liška, J., Z. Palice y Š. Slavíková. 2008. Checklist and red list of lichens of the Czech Republic. *Preslia* 80:151-182.

Madrigal-Sánchez, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 15:65-75.

Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero N. 1981*a*. Elements of the purepecha mycological classification. *Journal of Ethnobiology* 1:231-237.

Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero N. 1981*b*. *Etnomicología purépecha. El conocimiento y uso de los hongos en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán*. Dirección General de Culturas Populares/Sociedad Mexicana de Micología, A.C., México.

Millbank, J.W. 1976. Aspects of nitrogen metabolism in lichens. En: *Lichenology: progress and problems*. D.H. Brown, D.L. Hawksworth y R.H. Bailey (eds.). Academic Press, Londres, pp. 441-455.

Nash III, T.H. 1996. Introducción. En: *Lichen biology*. T.H. Nash III (ed.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 1-7.

Nash III, T.H., M.A. Herrera-Campos y J.A. Elix. 2004. Preliminary treatment of *Xanthoparmelia* for Mexico. *Symbolae Botanicae Upsalienses* 34:289-326.

Poelt, J. 1974. Zur Kenntnis der Flechtefamilie Candelariaceae. *Phyton (Austria)* 16:189-210.

Randlane, T., I. Jüriado, A. Suija, P. Lõmus y E. Leppik. 2008. Lichens in the new red list of Estonia. *Folia Cryptogamica Estonica* 44:113-120.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana* 35:25-44.

Piervittori, R., S.E. Favero-Longo y C. Gazzano.2009. Lichens and biodeterioration of stonework: a review. *Chemistry Today* 27(6):8-11.

Santillán F., E. 1995. *Deterioro por la vegetación en las construcciones de la zona de monumentos históricos de la ciudad de Morelia, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicado el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sipman, H. 1986. Notes on the lichen genus *Everniastrum* (Parmeliaceae). *Mycotaxon* 26:235-551.

Tibell, L. 1996. *Caliciales. Flora neotropica monograph 69*. The New York Botanical Garden, Nueva York.

Timdal, E. 2002. Three squamulose species of *Rimularia* (Lecanorales). *The Bryologist* 105:219-224.

Tovar T., D. 1993. Capacidad de fijación de nitrógeno de los ficobiontes aislados de líquenes del género *Leptogium* S. Gray. *Revista de Química* 7:137-156.

Topham, P.B. 1977. Colonization, growth, succesion and competition. En: *Lichen ecology*. M.R.D. Seaward (ed.). Academic Press, Gran Bretaña, pp.31-68.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2001. *IUCN Red list categories and criteria: version*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

3.1. Species survival commission, Gland, Switzerland y Cambridge University Press, Reino Unido.

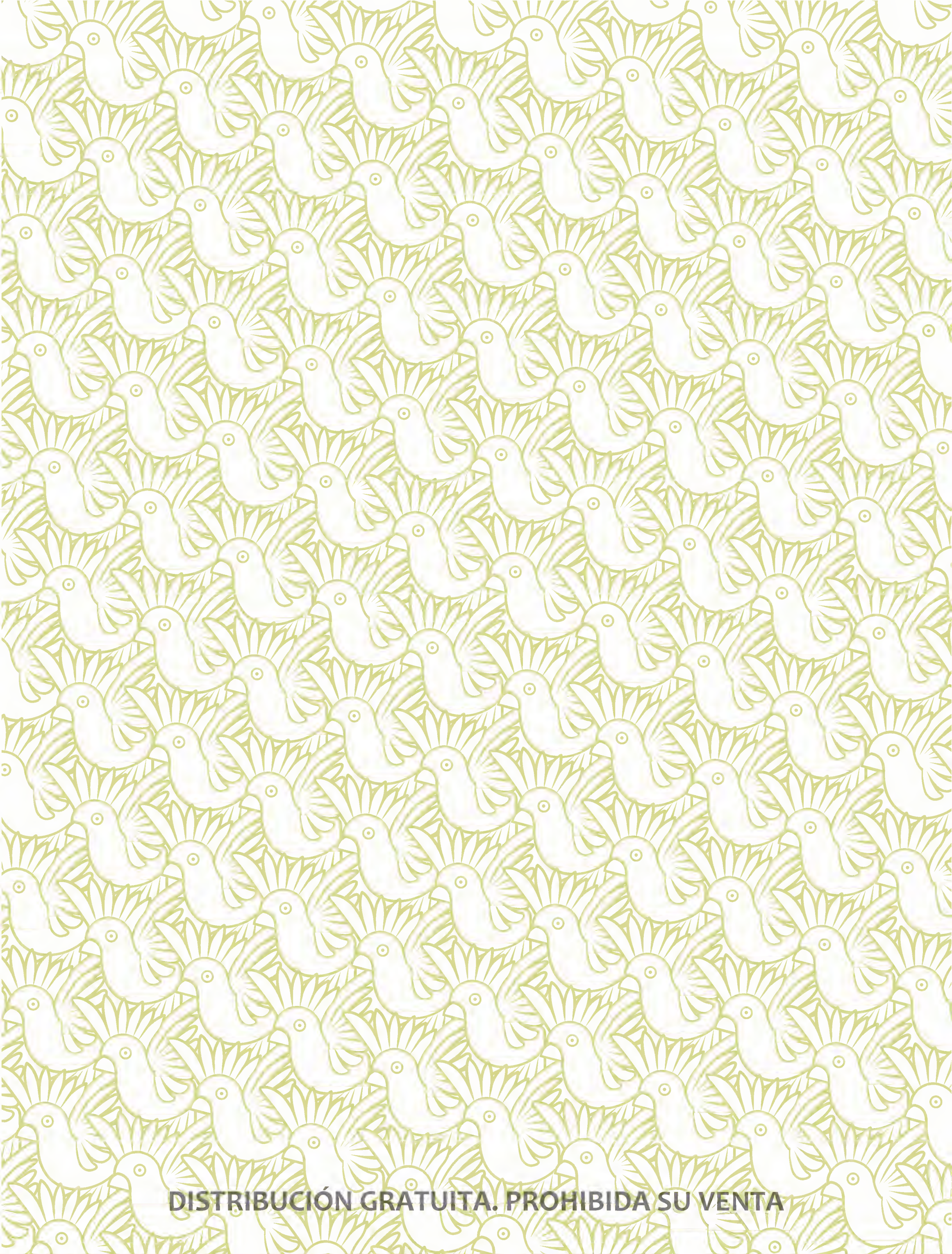
——. 2003. *Guidelines for application of* IUCN *red list criteria at regional levels: version 3.0.* IUCN Species survival commission. Suiza y Reino Unido.

Woods, R.G. 2010. *A lichen red data list for wales.* Plantlife, Inglaterra.

Woods, R.G. y B.J. Coppins 2012. *A conservation evaluation of british lichens and lichenicolous fungi. Species Status 13.* Joint Nature Conservation Committee. Inglaterra.

Woolhouse, M.E.J., R. Harmsen y L. Fahrig. 1985. On succession in a saxicolous lichen community. *Lichenologist* 17:167-172.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El fraile Arsène y su histórica contribución al conocimiento de los líquenes

MARLENE GÓMEZ PERALTA

Arsène Gustave Joseph Brouard (1867-1938), un fraile francés que radicó en México de 1906 a 1914 destaca como uno de los primeros colectores de líquenes. Se incorporó como docente al Instituto de los Hermanos de las Escuelas Cristianas (lasallistas), en el Colegio de San Pedro y San Pablo, en Puebla; de 1909 a 1912 fue maestro del Instituto Científico del Sagrado Corazón, en Morelia; en 1913 fue profesor de la Escuela de Agricultura San Borja en la Ciudad de México, y en 1914 del Liceo Católico de Querétaro (Grahmann 2012).

A partir de 1915 fue asignado a colegios lasallistas de EUA como docente de biología, física, química, español y francés, en diferentes estados del país. En 1930 su nombre se puso en la lista de colaboradores del *Musèe d'Histoire Naturelle* de París; el mismo honor le fue concedido por la Academia Mexicana de Ciencias Naturales. En 1933 fue enviado al *St. Michael's College* en Santa Fe, Nuevo México, donde permaneció hasta su muerte, a la edad de 71 años (Grahmann 2012).

Durante su estancia en México recolectó líquenes, briofitas y plantas vasculares con los frailes Nicolás, Amable y León. Específicamente recolectó líquenes en Michoacán, Puebla, Querétaro y en los alrededores de lo que antes era el Distrito Federal. Junto con Amable realizó colectas en el Estado de México, Morelos y áreas limítrofes del Distrito Federal. Por su parte, el fraile Nicolás recolectó líquenes en Puebla, el fraile Amable en Acatzingo, Puebla, Estado de México e Hidalgo, y el fraile León en Coahuila (Bouly de Lesdain 1914, 1922, 1929, 1933).

Arsène destaca por el gran número de ejemplares de líquenes recolectados (más de 1 400), mismos que fueron determinados por Bouly de Lesdain. Cuando se vio obligado a salir de México dejó varias de sus colectas botánicas, que cuatro años más tarde, gracias a William Maxon del Instituto Smithsoniano, pudo recuperar y donó al Herbario Nacional de Washington (Brouard 1922).

De acuerdo con la información presentada por Bouly de Lesdain, en cuatro publicaciones (1914, 1922, 1929, 1933), las colectas de líquenes de Arsène en Michoacán (en altitudes entre los 1 900 y 2 600 msnm) fueron realizadas en 32 localidades de los municipios de Morelia, Charo y Salvador Escalante. El mayor número de ejemplares corresponde al sur de Morelia, principalmente en Cerro Azul, Cerro San Miguel, Loma de Santa María, Jesús del Monte, Rincón, Carindapaz (Carrindapaz) y Campanario. De acuerdo con el decreto de división territorial de Michoacán, las tres últimas localidades antes mencionadas, corresponden a la hacienda El Rincón y a dos de los ranchos anexos a la misma (Gobierno del Estado 1909).

Bouly de Lesdain determinó 304 taxones a partir de las colectas de Arsène en Michoacán. De estos, 211 se reportan en la primera publicación (Bouly de Lesdain 1914); 65 en la segunda (Bouly de Lesdain 1922); y siete en la tercera (Bouly de Lesdain 1929). Aunque en esa tercera publicación se presentan las colectas realizadas por Amable para el Estado de México, Hidalgo y Puebla, también se incluyen algunas de Arsène en Michoacán. Finalmente, en la última publicación (Bouly de Lesdain 1933), se registran las colectas de Arsène y Amable, y se incluyen 21 taxones de los alrededores de Morelia.

Algunos de los ejemplares tipo de las especies colectadas por Arsène en Michoacán –la mayoría descritas por Bouly de Lesdain– se encuentran depositados en diferentes herbarios: el de la Universidad de Duke, Estados Unidos de América (23 ejemplares); en el del Instituto de Botánica de Komarov, Rusia (DUKE 2012, LE 2012); así como en el del Museo de Historia Natural del Instituto Smithsoniano (US); en el del Museo Nacional de Ciencias, Tsukuba, Japón (TNS); en el del Museo de Historia Natural de Upsala, Universidad de Upsala, Suecia (UPS); en el de la Universidad de Colorado, (COLO; Hale y Wirth 1971); en el del Museo de Historia Natural de Los Ángeles (LAM; Herrera Campos *et al.* 1998); en el de la Universidad Maria Curie-Sklodowska, Polonia (LBL) y en el de la Universidad de Wisconsin (SUWS; Herrera Campos *et al.* 2001).

Sin duda el aporte de Arsène como colector, y de Bouly de Lesdain como determinador de 237 taxa y autor de 67 nuevos taxa para la ciencia, que reúne 304 taxa de líquenes de Michoacán, es el más importante 100 años después, a pesar de que corresponde sólo a cuatro municipios del Sistema Volcánico Transversal en

Gómez-Peralta, M. 2019. El fraile Arsène y su histórica contribución al conocimiento de los líquenes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 151-152.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

el estado. Las cifras anteriores representan 72.9% de la riqueza florística de líquenes registrada para el estado (417 taxa), lo que habla de la gran necesidad de exploración de otras regiones del estado.

REFERENCIAS

Bouly de Lesdain, M. 1914. *Lichens du Mexique. (Etats de Puebla et du Michoacán). Recueillis par le Frère Arsène Brouard.* Imprenta Escalante, S.A., México.

——. 1922. *Lichens du Mexique. (Etats de Puebla et Michoacán). Recueillis par le Frère Arsène Brouard.* 1er. Supplement. EUA.

——. 1929. Lichens du Mexique recueillis par le Frére Amable St. Pierre. *Annales de Criptogamie Exotique* 2:217-255.

——. 1933. Lichens du Mexique. recueillis par les Frères G. Arsène et Amable Saint-Pierre. Troisième Supplèment. *Annales de Cryptogamie Exotique* 6:99-130.

Brouard, A.G.J. 1922. Introducción. En: *Lichens du Mexique. (Etats de Puebla et Michoacán). Recueillis par le Frère Arsène Brouard.* M. Bouly de Lesdain. 1er Supplement. EUA.

DUKE. Duke University Herbarium. Lichen Types. En *<http://herbarium.duke.edu./collections/lichens>*, última consulta: 2 de diciembre de 2012.

Gobierno del Estado. 1909. Ley orgánica de división territorial de Michoacán. Texto Original. Ley Orgánica promulgada el 20 de julio de 1909. Michoacán. En: *<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Michoacan/wo33306.pdf>*, última consulta: 23 de agosto de 2013.

Grahmann, J.N. 2012. Christian brothers-pioneer educators in the south and southwest since 1851 who died in may. New Orleans-Santa Fe District. En *<http://www.cbnosf.org/forms/NOSFDIRECTORY.doc>*, última consulta: 2 de diciembre de 2012.

Hale, M.E. y M. Wirth. 1971. Notes on *Parmelia* subgenus *Everniformes* with descriptions of six new species. *Phytologia* 22:36-40.

Herrera-Campos, M.A., P. Clerc y T. Nash III. 1998. Pendulous species of *Usnea* from the temperate forest in México. *The Bryologist* 101:303-329.

Herrera-Campos, M.A., T. Nash III y A. Zambrano G. 2001. Preliminary study of the *Usnea fragilescens* aggregate in Mexico. *The Bryologist* 104:303-329.

LE. Lichens type collection. The herbarium of vascular plants of the Komarov Botanical Institute. En: *<http/www.binran.ru/inf sys/type/h.htm>*, última consulta: 3 de diciembre de 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Líquenes con potencial tintóreo

MARLENE GÓMEZ PERALTA Y MARILYN RUÍZ CONTRERAS

Los líquenes son organismos productores de colorantes naturales debido a la presencia de sustancias liquénicas (ácidos liquénicos), que también son utilizadas para la determinación taxonómica. Los colorantes se pueden extraer por dos técnicas: la primera es utilizada para especies que contienen ácidos incoloros como el stictico (*Xanthoparmelia conspersa, X. cumberlandia, Usnea rubicunda*), salazínico (*Ramalina farinacea*) y norstictico (*U. glabrata, X. cumberlandia*), así como para especies, como *Letharia vulpina* y *Vulpicida pinastri*, que producen pigmentos amarillos como los ácidos vulpínico y pinástrico. La técnica consiste en hervir los líquenes por varias horas junto con el material a teñir, obteniéndose colores cafés y amarillos. La segunda técnica es por fermentación y consiste en mezclar líquenes que producen ácido girofórico (*Lasallia pustulata)* y lecanórico (*Roccella gracilis*), principalmente en una fuente de amoniaco (orina o amoniaco puro) y esperar

CUADRO 1. Especies de líquenes con potencial tintóreo.

Especie	Distribución en Michoacán	Compuesto liquénico responsable del color	Color
Urceolaria scruposa (*Diploschistes scruposus* Mairet 2007)	Sistema Volcánico Transversal	Ácido lecanórico (Brodo *et al.* 2001)	NI
Parmelia caperata (*Flavoparmelia caperata* Mairet 2007)	Sistema Volcánico Transversal, Altiplanicie	NI	Café, limón-naranja, amarillo (Mairet 2007)
Lasallia pustulata (Wisniak 2004)	Sistema Volcánico Transversal	Ácido girofórico (Brodo *et al.* 2001)	NI
Pannaria rubiginosa (Cedano y Villaseñor 2006)	Sistema Volcánico Transversal	NI	Naranja (Cedano y Villaseñor 2006)
Ramalina farinacea (Mairet 2007)	Sistema Volcánico Transversal	Ácido salazínico (Brodo *et al.* 2001)	NI
Rocella babingtonii (*R. gracilis* Rhichardson 1988, Gómez-Peralta *et al.* 1994, Brodo 2001, Cedano y Villaseñor 2006)	Llanura Costera	Orcina (Cedano y Villaseñor 2006); ácido lecanórico (Brodo *et al.* 2001)	Combinación de los colores púrpura, rosa, lila, fucsia, rojo (Cedano y Villaseñor 2006); morado intenso, beige intenso (Gómez-Peralta *et al.* 1994)
Usnea glabrata (Trueba 2009)	Sistema Volcánico Transversal	Ácido norstictico (Brodo *et al.* 2001)	Café (Trueba 2009)
U. rubicunda (Cedano y Villaseñor 2006)	Sistema Volcánico Transversal	Ácido stictico (Brodo *et al.* 2001)	Naranja (Cedano y Villaseñor 2006)
Parmelia conspersa (*Xanthoparmelia conspersa* Mairet 2007)	Sistema Volcánico Transversal, Altiplanicie	Ácido stictico (Brodo *et al.* 2001)	NI
Xanthoparmelia cumberlandia (Estrada-Torres y Aroche 1987)	Sistema Volcánico Transversal	Ácido stictico y norstictico (Brodo *et al.* 2001)	Amarillo-naranja (Estrada y Arroche 1987)
Xanthoria elegans (Bohman 1969)	Sistema Volcánico Transversal	Xanthorina (Bohman 1969)	Naranja (Bohman 1969)

Los nombres de las especies se indican como se reportaron en la literatura (los nombres modificados aparecen entre paréntesis).
NI: no identificado.

Gómez-Peralta, M. y M. Ruíz-Contreras. 2019. Líquenes con potencial tintóreo. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 153-154.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

varias semanas hasta que se produzca el color. Los colores que se obtienen son rojos y púrpuras, o cafés si se exponen a la luz (Brodo *et al.* 2001).

La referencia más antigua del uso tintóreo de los líquenes aparece en la Biblia: "De lino fino bordado de Egipto era tu vela para que te sirviera de distintivo; de azul y púrpura de las costas de Elisa era tu pabellón" (Ezekiel 27:7). Se cree que el pasaje hace referencia a alguna de las islas del Mediterráneo oriental o del mar Egeo, en donde *Roccella tinctoria* es abundante (Wisniak 2004).

En América del Norte los pueblos aborígenes de Nuevo México utilizaban colorantes obtenidos de líquenes para la elaboración de mantas, trajes, y en general para confeccionar su indumentaria e incluso como pintura corporal (Brodo *et al.* 2001).

Castello (1988) incluye a los líquenes entre los colorantes naturales empleados por algunos grupos étnicos de México, siendo los más usados las barbas de viejo (*Usnea spp.*) y la orchilla (*R. tinctoria*) de la península de Baja California. En este mismo sentido, Álvarez *et al.* (1988) mencionan que *R. tinctoria* fue objeto de gran explotación en la península de Baja California, y en el Estado de México se tiene conocimiento del uso de *Xanthoparmelia cumberlandia* o pellejo de las piedras, con el que se tiñe la fibra del ixtle (Estrada-Torres y Aroche 1987).

En el estado no se cuenta con referencias del uso de los líquenes como tintóreos, aunque de acuerdo con la literatura consultada se tienen 11 especies con ese potencial (cuadro 1; Bohman 1969, Estrada y Aroche 1987, Richardson 1988, Gómez-Peralta *et al.* 1994, Brodo *et al.* 2001, Wisniak 2004, Cedano y Villaseñor 2006, Mairet 2007, Trueba 2009).

Se ha sugerido que *Roccella gracilis* (*R. babingtonii)*, presente en la región de la costa, es una fuente potencial para obtener un colorante natural que alcanza desde el color beige hasta el morado intenso (Gómez-Peralta *et al.* 1994, Cedano y Villaseñor 2006). Esta especie podría ser utilizada para la obtención de tintes similares a los que produce el caracol *Plicopurpura pansa*, utilizado en el teñido de textiles en la costa michoacana, ya que entre la gama de colores que se obtienen se encuentra el color púrpura.

Con la finalidad de evitar un impacto negativo en las poblaciones de *R. gracilis,* susceptibles de ser utilizadas, es necesario realizar estudios demográficos de esta especie para determinar la viabilidad de su uso tintóreo.

REFERENCIAS

Álvarez, I.L., Guzmán-Dávalos y G. Guzmán. 1988. Líquenes. Su distribución e importancia en Jalisco. *Tiempos de Ciencia.* Revista de Difusión Científica de la Universidad de Guadalajara, México, pp. 35-38.

Bohman, G. 1969. Chemical studies on lichens: anthraquiones from the lichen *Lasallia papulosa* var. *rubiginosa* and the fungus *Valsaria rubricosa*. *Acta Chemica Scandinavica* 23:2241-2244.

Brodo, I.M., S. Duran-Sharnoff y S. Sharnoff. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven y Londres.

Castello I., T. 1988. *Colorantes naturales de México*. Industrias Resistol, C.A., México.

Cedano, M.M. y L. Villaseñor. 2006. Colorantes orgánicos de hongos y líquenes. *Scientia* 8:141-161.

Estrada-Torres, A. y R.M. Aroche. 1987. Acervo etnomicológico en tres localidades del municipio de Acambay del Estado de México. *Revista Mexicana de Micología* 3:109-131.

Gómez-Peralta, M., P. Silva S. y F. Hernández V. 1994. Diseño de una técnica para la obtención de un colorante natural a partir de *Roccella babingtoni* Mont. *Memorias del V Congreso Nacional de Micología*. Sociedad Mexicana de Micología y Universidad de Guanajuato, México.

Mairet, E.M. 2007. The lichen dyes. En: *Vegetable dyes being a book of recipes and other information useful to the dyer.* The Project Gutenberg eBook (ed.). Ditchling Press, Londres, pp. 15-19.

Richardson, D.H. 1988. Medicinal and other economic aspects of lichens. En: *Handbook of lichenology,* Vol. III. M. Galun (ed.). CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida, pp. 106-107.

Trueba S., S. 2009. *Plantas tintóreas utilizadas en artesanías textiles de lana de Soledad Atzompa, Veracruz*. Consejo Veracruzano de Arte Popular, Veracruz.

Wisniak, J. 2004. Dyes from antiquity to synthesis. *Indian Journal of History of Science* 39(1):75-100.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Líquenes indicadores de calidad del aire

MARLENE GÓMEZ PERALTA Y MARÍA DEL ROSARIO GREGORIO CIPRIANO

Dentro de las experiencias en el uso de organismos indicadores de contaminación atmosférica, los líquenes cortícolas (que crecen sobre cortezas de árboles) se catalogan como los mejores indicadores biológicos (Gómez-Peralta y Gómez-Reyes 2007).

Su extenso uso como biondicadores se debe a que son de distribución amplia y a que son organismos perennes, por lo que permanecen expuestos a los contaminantes por largos periodos de tiempo; además, ya que no poseen cutícula protectora absorben nutrimentos y contaminantes en gran parte de su superficie; se ha reconocido al dióxido de azufre como el contaminante principal que influencia el crecimiento, distribución y salud de estos organismos (Hawksworth *et al.* 2005). Otra de las razones de su uso es que además de que son longevos y pueden ser muestreados durante todo el año (Hawksworth *et al.* 2005), los métodos de estudio son accesibles y económicamente bajos (Espitia-Cabrera y Gómez-Peralta 1998).

Desde hace más de un siglo en diferentes partes del mundo han sido utilizados como bioindicadores en zonas urbanas e industriales. Nylander (1866) sugirió que la ausencia de líquenes en los jardines de Luxemburgo era causada por la contaminación del aire, a partir de entonces, tomando como base las frecuencias de los líquenes cortícolas, se han desarrollado sistemas de monitoreo que establecen índices o escalas de pureza atmosférica (Skye 1968, Hawksworth y Rose 1970, Le Blanc y De Sloover 1970, De Wit 1976, Loppi y Nascimbene 1998, Kumer *et al.* 1991, Santoni y Lijteroff 2006). Otros autores se han basado en la abundancia de líquenes, presencia de síntomas de contaminación (Orsi y Glenn 1991) y valores de diversidad liquénica (Loppi *et al.* 2002), y concluyen que una mayor abundancia y una alta diversidad de estos organismos indican buena calidad del aire.

En una zona aledaña a la Ciudad de México se utilizaron líquenes como indicadores de la contaminación ambiental por plomo (Cantoral 1986). Asimismo, se ha relacionado la estructura y diversidad de las comunidades liquénicas con la contaminación del aire en dos parques nacionales de la misma Ciudad de México, encontrando menores porcentajes de cobertura y diversidad de este grupo en el área cercana a la ciudad (Zambrano-García *et al.* 2000).

En la entidad existen dos casos en los que se han utilizado líquenes como indicadores de calidad del aire. El primero se realizó en el campo geotérmico Los Azufres, en el Sistema Volcánico Transversal, en los municipios de Zinapécuaro e Hidalgo, como parte de un convenio entre la CFE y la UMSNH, y tuvo como objetivo determinar el impacto del vapor geotérmico sobre los líquenes cercanos a pozos en evaluación (en los que el vapor se vertía directamente a la atmósfera).

Se determinaron las especies sensibles (las que mostraron síntomas como clorosis o blanqueo, cambios de coloración, desintegración del talo, pérdida de adherencia al sustrato y muerte o necrosis), las especies resistentes (las que no muestran ningún síntoma; cuadro 1) y las que desaparecen del sitio (especies de los géneros *Leptogium*, *Sticta* y *Peltigera*). Diez años después se visitaron los mismos sitios cuando los pozos estaban en producción (cuando no hay emisiones de vapor o si las hay el vapor es tratado para eliminar los agentes contaminantes), y se registró la recolonización de las especies de líquenes que habían desaparecido en las etapas de evaluación geotérmica (Gómez-Peralta y Chávez-Carmona 1995).

El segundo estudio se realizó en la ciudad de Morelia. El objetivo fue utilizar a los líquenes y musgos que crecen sobre cortezas de árboles de algunas avenidas de la ciudad (Madero oriente y poniente, Camelinas, Héroes de Nocupétaro), así como en carreteras del área suburbana (caminos Santa María-Jesús del Monte y La Mintzita-Cointzio, y carretera Morelia-Ciudad Industrial), como indicadores de la calidad del aire (Gómez-Peralta 2008). En la mayoría de las avenidas se encontró que la frecuencia y cobertura de líquenes disminuye con la presencia de vías de comunicación e industrias. Los líquenes presentaron síntomas de contaminación como: clorosis, crecimiento detenido, desecación, cambios de coloración y erosión de la superficie superior del liquen (este síntoma registrado en algunos ejemplares de Morelia como *Punctelia perreticulata* no se ha reportado en la literatura); esos síntomas aumentaron en los líquenes de las cercanías de cruces de vialidades e industrias. Con los datos de frecuencia de las poblaciones de líquenes se determinó el índice de pureza atmosférica (IPA) y se elaboró un mapa de calidad del aire para la ciudad de Morelia.

Gómez-Peralta, M. y M.R. Gregorio-Cipriano. 2019. Líquenes indicadores de calidad del aire. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 155-157.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Algunas especies de líquenes sensibles y resistentes a la contaminación.

Especie	Síntoma	Los Azufres	Morelia
Canoparmelia texana	Cambio de coloración		S
C. crozalsiana	Cambio de coloración		S
Flavoparmelia caperata		R	R
*Flavopunctelia flaventior**	Desecación, cambio de coloración, necrosis	R	S
Lecanora sp.		R	R
Lecidea sp.		R	R
Parmotrema perforatum	Cambio de coloración, clorosis	S	
Peltigera polydactylon	Clorosis, desecación, cambio de coloración	S	
Pertusaria sp.		R	
Physcia biziana			R
Pseudevernia intensa	Desecación, necrosis, clorosis, desintegración y pérdida de adherencia	S	
Punctelia perreticulata	Clorosis y erosión de la corteza superior		S
Ramalina farinacea	Clorosis, desecación, necrosis	S	
Usnea sp.	Necrosis	S	

S: sensible, R: resistente. *Los síntomas indicados corresponden a la especie que fue registrada como sensible.
Fuente: Gómez-Peralta y Chávez-Carmona 1995, Gómez-Peralta 2008.

En el cuadro 1 se presentan 14 especies de líquenes registradas como bioindicadores de la calidad del aire, se indican las especies sensibles y las resistentes (Gómez-Peralta y Chávez-Carmona 1995, Gómez-Peralta 2008), como *Canoparmelia texana* (figura 1) y *C. crozalsiana* (figura 2) como sensibles y *Physcia biziana* como especie resistente (figura 3).

Los líquenes pueden ser monitores permanentes y con base en sus frecuencias se pueden construir mapas y escalas de calidad del aire. El monitoreo por medio de estos organismos es una herramienta útil y relativamente económica que refleja la salud del ambiente en lo general, por lo que puede aportar elementos para que las autoridades encargadas del medio ambiente tomen decisiones en términos de la regulación de fuentes emisoras de contaminantes, lo que podría significar un beneficio no sólo para quienes habitan los centros urbanos, sino también para los alrededores de los mismos.

FIGURA 1. *Canoparmelia texana*, especie sensible a la contaminación ambiental. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. *Canoparmelia crozalsiana* con cambio de coloración, especie sensible a la contaminación ambiental. Foto: Eloísa Prado Banda.

FIGURA 3. *Physcia biziana*, especie resistente a la contaminación ambiental. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

REFERENCIAS

Cantoral H., T. 1986. *Comunidades liquénicas epífitas en Abies religiosa (H.B.K.) Cham y Schl., como indicadoras de contaminación atmosférica en el parque cultural y recreativo Desierto de los Leones*. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala-UNAM, México.

De Wit, T. 1976. Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. Lubrecht & Cramer, Alemania.

Espitia-Cabrera, M.P. y M. Gómez-Peralta. 1998. El uso de los líquenes como indicadores de contaminación por dióxido de azufre en zonas urbanas. *Ciencia Nicolaita* 17:35-41.

Gómez-Peralta, M. 2008. Líquenes y musgos del área urbana y suburbana de Morelia como indicadores de la calidad del aire. Informe final de proyecto. Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Michoacán. Clave de Registro: Michoacán-2005-C01-050. Inédito.

Gómez-Peralta, M. y A. Chávez-Carmona. 1995. Líquenes como indicadores biológicos en el campo geotérmico Los Azufres, Michoacán, México. *Geotermia. Revista Mexicana de Geoenergía* 11:137-143.

Gómez-Peralta, M. y V.M. Gómez-Reyes. 2007. Líquenes y musgos de Morelia relacionados con la calidad del aire. *Biológicas* 9:5-11.

Hawksworth, D.L. y F. Rose. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227:145-148.

Hawksworth, D.L., T. Iturriaga y A. Crespo. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22:71-82.

Kumer, E., L. Bonalberti, F. Piccoli y G. Garasto. 1991. Lichens as monitors of air pollution. *Grana* 30:48 50.

Le Blanc, F. y J. De Sloover. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichen and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany* 48:1485-1496.

Loppi, S. y J. Nascimbene. 1998. Lichen bioindication of air quality in the Mt. Amiata Geothermal Area (Tuscany, Italy). *Geothermics* 27(3):295-304.

Loppi, S., D. Ivanovb y R. Boccardi. 2002. Biodiversity of epiphytic lichens and air pollution in the town of Siena (Central Italy). *Environmental Pollution* 116:123-128.

Nylander, W. 1866. Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bulletin de la Société Botanique de France* 13:364-372.

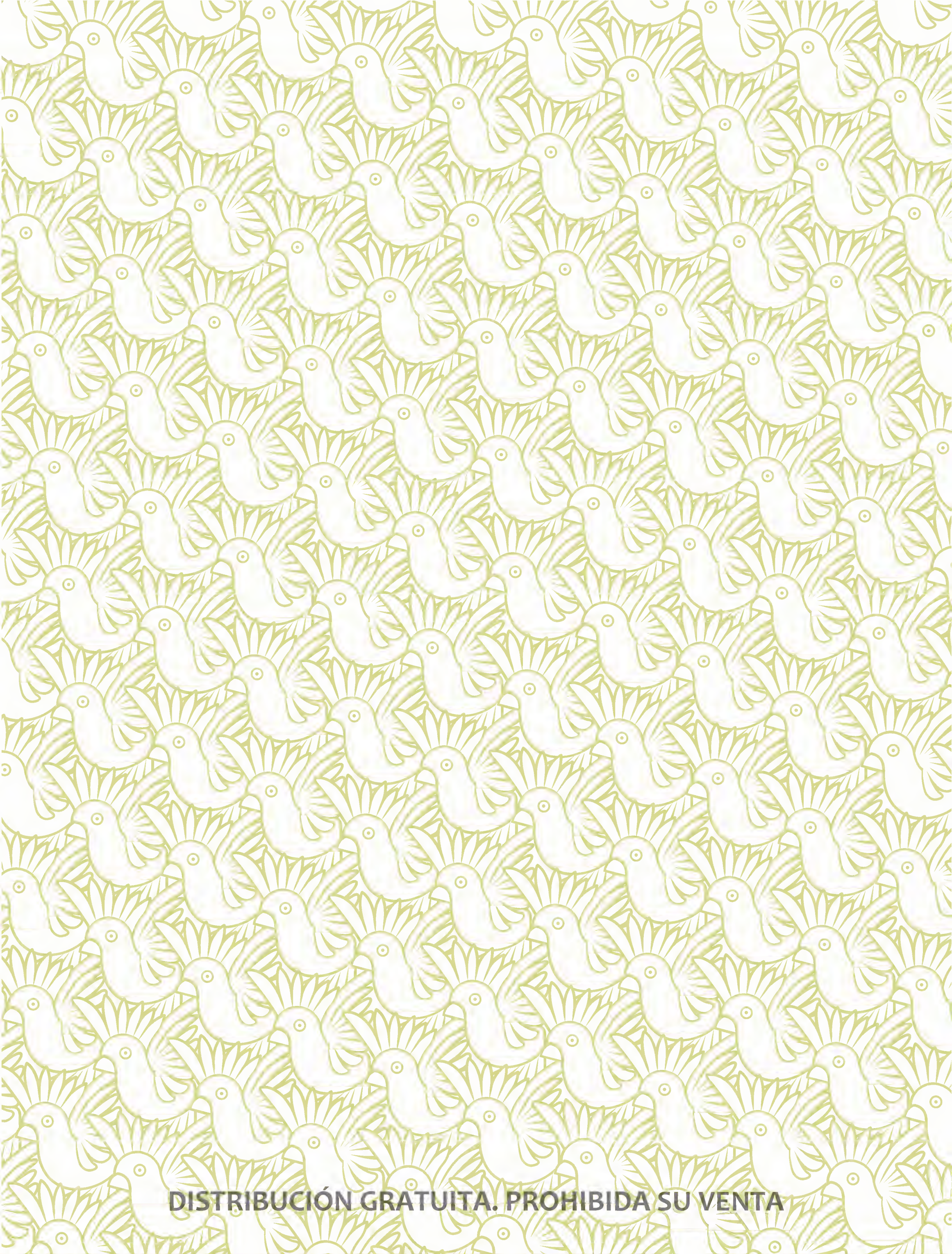
Orsi, E.V. y M.G. Glenn 1991. Lichens as microenvironment markers of air quality. Relative to topography, wind direction and vehicular traffic patterns. *Grana* 30:51-58.

Santoni, C.S. y R. Lijteroff. 2006. Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 22:49-58.

Skye, E. 1968. Lichens and air pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. *Acta Phytogeografica Suecica* 52:1-122.

Zambrano-García, A., T.H. Nash III y M.A. Herrera Campos. 2000. Lichen decline in Desierto de los Leones (Mexico City). *The Brylogist* 103:428-441.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Propiedades antibióticas de los líquenes

MARÍA DEL ROSARIO GREGORIO CIPRIANO Y MARLENE GÓMEZ PERALTA

Desde la antigüedad, los líquenes han sido utilizados como medicina tradicional en diferentes culturas del mundo. En Europa, algunas especies (*Cetralia isladica, Lobaria pulmonaria, Xanthoria parietina,* entre otras) han sido aprovechadas para tratar padecimientos como tuberculosis pulmonar, tos, fiebres, úlceras, heridas de la piel, etc.; en China, *Usnea barbata* fue empleada como expectorante y para el tratamiento de úlceras (Vartia 1973); especies del género *Usnea* conocidas como "barba de la piedra" han sido manejadas para curar varios padecimientos en Argentina (Vitto *et al.* 1997, Arias-Toledo 2009); mientras que *Parmelia caperata* (*Flavoparmelia caperata*) y *Umbilicaria* sp. fueron reportadas en un estudio de la medicina tradicional chilena (Muñoz *et al.* 2001).

En México, en los estados de Sinaloa, Estado de México (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana 2009) y Tlaxcala (Montoya *et al.* 2002), se ha reportado su uso para tratar diversos padecimientos como los ya mencionados. Mapes *et al.* (1981) publicaron el único reporte que se tiene sobre el uso de los líquenes como medicina tradicional en Michoacán, donde mencionan que los purépecha de las localidades de Puácuaro y Cuanajo, de la cuenca del lago de Pátzcuaro, hierven con sal y cal a *F. caperata* (figura 1), *Pseudevernia intensa, Ramalina ecklonii* y *Usnea strigosa* para emplearlos como remedios contra golpes de pecho (bronquitis). En esa región, a esas especies de líquenes comúnmente se les llama *ts'ipata*: semejante a flor. A *F. caperata,* que puede crecer sobre rocas, también se le conoce como *ts-akapu-tsipata*: flor de piedra (Mapes *et al.* 1981).

FIGURA 1. *Flavoparmelia caperata*. Liquen folioso de color verde amarillento, crece sobre corteza de árboles, madera o rocas. Es una de las especies de líquenes que se ha utilizado en la medicina tradicional de los purépecha de Michoacán. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

Actualmente se ha confirmado que los líquenes producen sustancias biológicamente activas que tienen diferentes propiedades medicinales, entre las que se incluye la antibiótica, que es la más estudiada debido a la creciente aparición de cepas bacterianas resistentes a algunos de los antibióticos más conocidos (Boustie y Grube 2005, Muggia *et al.* 2009).

Los líquenes producen gran diversidad de metabolitos secundarios conocidos como sustancias liquénicas (Toledo-Marante *et al.* 2004, Muggia *et al.* 2009). Se trata de productos extracelulares que se presentan en forma de cristales sobre las paredes celulares de las hifas; usualmente son insolubles en agua y sólo pueden ser extraídos con solventes orgánicos como el metanol y la acetona (Ötzürk *et al.* 1999).

El primer estudio acerca de la actividad antimicrobiana de los líquenes se llevó a cabo a mediados del siglo XX, cuando se reportó la capacidad antibiótica de extractos liquénicos de varias especies del género *Cladonia*, así como de algunas de *Parmelia, Physcia* y *Ramalina* entre otros géneros (Burkholder *et al.* 1944).

Actualmente se conocen más de 60 sustancias antibióticas derivadas de líquenes (Kotan *et al.* 2011); entre las de mayor capacidad antimicrobiana se encuentran el ácido úsnico, el ácido pulvínico y sus derivados, así como los ácidos alifáticos (Vartia 1973). El ácido úsnico destaca por su amplia distribución, ya que se encuentra en los principales géneros de líquenes como *Cladonia, Ramalina* y *Usnea* (figura 2). Se sabe que esta sustancia inhibe un amplio rango de bacterias a concentraciones muy bajas y su actividad antimicrobiana es comparable a la de los antibióticos más utilizados (Baca y Vázquez 1980); además, se ha demostrado que se puede obtener un efecto sinérgico al combinar

Gregorio-Cipriano, M.R. y M. Gómez-Peralta. 2019. Propiedades antibióticas de los líquenes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 159-162.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. *Usnea* sp. Los integrantes de ese género son líquenes fruticosos (en forma de pequeños arbustos) de color gris claro o blancuzco, crecen generalmente sobre cortezas de árboles en hábitats bien conservados y se trata de las especies más utilizadas en la medicina tradicional en el mundo. Foto: María del Rosario Gregorio Cipriano.

sustancias liquénicas con antibióticos de uso común. Agboke y Esimone (2011) lograron incrementar el espectro de acción de la ampicilina al combinarla con sustancias obtenidas del liquen *Ramalina farinacea*.

En Michoacán, al igual que en todo México, los estudios para determinar las propiedades antibióticas de las sustancias liquénicas no existen. No obstante, con las investigaciones que se han hecho en otros países se puede tener una idea del alto potencial que se tiene en el estado.

De acuerdo con los estudios revisados se han reportado 109 especies de líquenes con propiedades antibióticas alrededor del mundo, de las cuales 48 han sido registradas en México en distintos trabajos florísticos (Brizuela y Guzmán 1971, Dávalos de Guzmán *et al.* 1972, González de la Rosa y Guzmán 1976, Nash *et al.* 2002, 2004, 2007). En Michoacán se presentan 24 especies de líquenes que contienen sustancias activas contra 13 bacterias diferentes (cuadro 1). Esta cifra representa 6% del total de especies presentes en el estado, por lo tanto, existe la necesidad de realizar estudios que incluyan más especies distribuidas en Michoacán para determinar el verdadero potencial de los líquenes como fuentes de sustancias antibióticas, y así enfocarse a la producción de estas sustancias de manera comercial, aprovechando los avances tecnológicos con los que se cuenta hoy en día.

Algunas especies de líquenes (*Cetralia islandica*, *Usnea* sp., *Parmotrema perlatum*) o sus extractos (ácido úsnico) son la base o forman parte de los componentes de diversos productos utilizados en medicina, perfumería o cosmética y que se comercializan sobre todo en el mercado europeo, y en menor medida en algunos países asiáticos (China, India) y Estados Unidos de América (Illana-Esteban 2012). Entre estos productos se encuentran: pastillas contra la tos o antiinflamatorios, cremas para tratar infecciones vaginales, cremas de belleza, champús para el cabello, pasta dentífrica (dental), enjuagues bucales, desodorantes y hasta suplementos nutricionales (Brodo *et al.* 2001, Illana-Esteban 2012). Esto demuestra que la utilización de productos farmacéuticos a base de líquenes es algo factible y puede aportar importantes beneficios, tanto a la medicina como a la economía estatal y nacional.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Líquenes con propiedades antibióticas. Se muestran también los nombres de las especies de bacterias que son susceptibles a su acción antimicrobiana.

Especie	Bacterias susceptibles	Referencias
Alectoria ochroleuca	3, 13	Ingólfsdóttir *et al.* 1985
Caloplaca cerina var. *cerina*	NM	Manojlovic *et al.* 2005
Cladonia coniocraea	3, 13	Burkholder *et al.* 1944
C. cristatella	2, 3, 5, 13	Burkholder *et al.*1944
C. fimbriata	7, 9, 10, 12, 13	Ranković *et al.* 2010
C. furcata subsp. *furcata*	3, 4, 6, 9, 13	Burkholder *et al.* 1944, Ranković y Mišić 2008, Ranković *et al.* 2009
C. incrassata	3	Burkholder *et al.* 1944
C. pyxidata	13	Burkholder *et al.* 1944
C. squamosa var. *squamosa*	3, 13	Burkholder *et al.* 1944
Dermatocarpon miniatum var. *miniatum*	13	Burkholder *et al.* 1944
Flavoparmelia caperata	3, 4, 6, 8, 9, 13	Ranković *et al.* 2008, 2009
Lasallia papulosa	11, 13	Burkholder *et al.* 1944
L. pustulata	3, 4, 6, 9, 13	Ranković *et al.* 2007
Parmotrema crinitum	7, 8, 9, 10, 12, 13	Ranković *et al.* 2010
P. tinctorum	7, 13	Amaro-Suazo 2007
P. reticulatum	2	Devokota *et al.* 1999
Peltigera canina	3, 12	Ingólfsdóttir *et al.* 1985
P. neckeri	Bacterias de suelo	Akpinar *et al.* 2009
Physcia aipolia	3, 4, 6, 8, 9, 13	Ranković *et al.* 2008
Ramalina farinacea	7, 13	Karagoz *et al.* 2009, Agboke y Esimone 2011
Tephromela atra var. *atra*	3, 4, 6, 9, 13	Ranković y Kosanić 2012
Xanthoparmelia conspersa	1, 3	Burkholder *et al.* 1944, Ranković y Mišić 2008
X. cumberlandia	NM	Lawrey 1989
X. mexicana	3, 13	Baca y Vázquez 1980

NM: No se mencionan. Bacterias susceptibles: *Alcaligenes faecalis* (1), *Bacillus cereus* (2), *Bacillus subtilis* (3), *Bacillus mycoides* (4), *Bacillus vulgatus* (5), *Enterobacter cloacae* (6), *Enterococcus faecalis* (7), *Escherichia coli* (8), *Klebsiella pneumoniae* (9), *Micrococcus lysodeikticus* (10), *Proteus vulgaris* (11), *Pseudomonas aeruginosa* (12), *Staphylococcus aureus* (13).
Fuente: elaboración propia.

REFERENCIAS

Agboke, A.A. y C.O. Esimone. 2011. Antimicrobial evaluation of the interaction between methanol extract of lichen, *Ramalina farinacea* (Ramalinacea) and ampicilin against clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Medicinal Plants Research* 5:644-648.

Akpinar, A.U., S. Ozturk y M. Sinirtas. 2009. Effects of some terricolous lichens [*Cladonia rangiformis* Hoffm., *Peltigera neckerii* Hepp ex Müll. Arg., *Peltigera rufescens* (Weiss) Humb.] on soil bacteria in natural conditions. *Plant, Soil and Environment* 55:154-158.

Amaro-Suazo, J. 2007. *Evaluación de la actividad antibacteriana y antifúngica de cuatro especies de líquenes de la región de Maule, Chile*. Universidad de Talca, Escuela de Tecnología Médica, Chile.

Arias-Toledo, B. 2009. Diversidad de usos, prácticas de recolección y diferencias según género y edad en el uso de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

plantas medicinales en Córdoba, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 8:389-401.

Baca, R. y M.S. Vázquez. 1980. Valoración microbiológica y farmacológica de una sustancia con propiedades antimicrobianas: ácido úsnico, aislado de liquen: *Parmelia mexicana* Gyel. *Revista de Medicina de la Universidad Poblana* 1:167-174.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. 2009. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. En: *<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/atlas.php>*, última consulta: 10 diciembre de 2012.

Boustie, J. y M. Grube. 2005. Lichens. A promising source of bioactive secondary metabolites. *Plant Genetic Resources* 3:273-287.

Brizuela, F. y G. Guzmán. 1971. Estudios sobre los líquenes de México. II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 5:79-103.

Brodo I.M., S. Duran-Sharnoff y S. Sharnoff. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven y Londres.

Burkholder, P.R., A.W. Evans, I. McVeigh y H.K. Thorton. 1944. Antibiotic activity of lichens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 30:250-255.

Dávalos de Guzmán, L., F. Brizuela y G. Guzmán. 1972. Estudios sobre los líquenes de México I. Notas sobre algunas especies. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 19:9-20.

Devokota, A., G.P.S. Ghimire y C.B. Baniya. 1999. Antibiotic activities of some lichen species. *Tribhuvan University Journal* 22:45-51.

González de la Rosa, M.E. y G. Guzmán. 1976. Estudios sobre los líquenes de México III. Observaciones sobre especies no consideradas anteriormente. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 10:27-64.

Illana-Esteban, C. 2012. Lichens used in traditional medicine. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid* 36:163-174.

Ingólfsdóttir, K., S.F. Bloomfield y P.J. Hylands. 1985. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of lichen metabolites as potential preservatives. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 28:289-292.

Karagoz, A., N. Dogruoz, Z. Zeybek y A. Aslan. 2009. Antibacterial activity of some lichen extracts. *Journal of Medicinal Plants Research* 3:1034-1039.

Kotan, E., L. Alpsoy, M. Anar *et al.* 2011. Protective role of methanol extract of *Cetraria islandica* (L.) against oxidative stress and genotoxic effects of AFB1 in human lymphocytes in vitro. *Toxicology and Industrial Health* 27:599-605.

Lawrey J.D. 1989. Lichen secondary compounds: evidence for a correspondence between antiherbivore and antimicrobial function. *The Bryologist* 92:326-328.

Manojlovic, N.T., S. Solujic, S. Sukdolak y M. Milosev. 2005. Antifungal activity of *Rubia tinctorum, Rhamnus frangula* and *Caloplaca cerina*. *Fitoterapia* 76:244-246.

Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero. 1981. *Etnomicología purépecha, el conocimiento y uso de los hongos en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán*. Serie Etnociencia. Cuadernos de Etnomicología núm. 2. Dirección General de Culturas Populares/Sociedad Mexicana de Micología/Instituto de Biología-UNAM, México.

Montoya, A., A. Estrada-Torres y J. Caballero. 2002. Comparative ethnomycological survey of three localities from La Malinche Volcano, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 22:103-131.

Muggia, L., I. Schmitt y M. Grube. 2009: Lichens as treasure chests of natural products. *SIM News* 59:85-97.

Muñoz, O., M. Montes y T. Wilkomirsky. 2001. *Plantas medicinales de uso en Chile. Química y farmacología*. Editorial Universitaria S.A., Santiago de Chile.

Nash III T.H., B.D. Ryan, C. Gries y F. Bungarts. 2002. *Lichen flora of the greater sonoran desert region,* Vol. I. Lichens Unlimited. Arizona State University, EUA.

Nash III, T.H., B.D. Ryan, P. Diederich *et al.* 2004. *Lichen flora of the greater sonoran desert region,* Vol II. Lichens Unlimited. Arizona State University, EUA.

——. 2007. *Lichen flora of the greater sonoran desert region,* Vol. III. Lichens Unlimited. Arizona State University, EUA.

Ötzürk, S., S. Güvenç, N. Arikan y Ö. Yilmaz. 1999. Effect of usnic acid on mitotic index in root tips of allium cepa L. *Lagascalia* 21:47-52.

Ranković, B. y M. Kosanić. 2012. Antimicrobial activities of different extracts of *Lecanora atra, Lecanora muralis, Parmelia saxatilis, Parmelia sulcata* and *Parmeliopsis ambigua*. *Pakistan Journal of Botany* 44:429-433.

Ranković, B. y M. Mišić. 2008. The antimicrobial activity of the lichens substances of the lichens *Cladonia furcata, Ochrolechia androgyna, Parmelia caperata* and *Parmelia conspersa*. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 22:1013-1016.

Ranković, B., M. Mišić y S. Sukdolak. 2007. Evaluation of antimicrobial activity of the lichens *Lasallia pustulata, Parmelia sulcata, Umbilicaria crustulosa* and *Umbilicaria cylindrica*. *Microbiology* 76:723-727.

——. 2008. The antimicrobial activity of substances derived from the lichens *Physcia aipolia, Umbilicaria polyphylla, Parmelia caperata* and *Hypogymnia physodes*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24:1239-1242.

——. 2009. Antimicrobial activity of extracts of the lichens *Cladonia furcata, Parmelia caperata, Parmelia pertusa, Hypogymnia physodes* and *Umbilicaria polyphylla*. *Biologia* 64:53-58.

Ranković, B., D. Ranković y D. Maric. 2010. Antioxidant and antimicrobial activity of some lichen species. *Microbiology* 79:809-815.

Toledo-Marante, F.J., A. García-Castellano, F. León-Oyola y J. Bermejo-Barrera. 2004. Ecología química en hongos y líquenes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28:509-528.

Vartia, K.O. 1973. Antibiotics in lichens. En: *The Lichens*. V. Ahmadjian y M.E. Hale (eds.). Academic Press, Nueva York, pp. 547-561.

Vitto, A., E.M. Petenatti y M.E. Petenatti. 1997. Recursos herbolarios de San Luis (República Argentina). Primera parte: plantas nativas. *Multequina* 6:49-66.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Briofitas: taxonomía, diversidad e importancia

DENEB GARCÍA AVILA

DESCRIPCIÓN

Las plantas terrestres no vasculares incluyen a los musgos (Bryophyta), hepáticas (Marchantiophyta) y antocerotes (Anthocerotophyta), grupos que de manera convencional se conocen como briofitas.

Estas plantas tienen un ciclo de vida diplobionte, lo que significa que alternan las fases de su ciclo de vida (figura 1). La primera fase (haploide –una serie de cromosomas–) corresponde al desarrollo del gametofito y se considera la dominante del ciclo de vida de las briofitas; en el gametofito se desarrollan los órganos sexuales, a los femeninos se les denomina arquegonios (contienen a la ovocélula), mientras que a los masculinos se les llama anteridios (que forman los anterozoides). Un gametofito puede portar ambos sexos y entonces la planta se denomina monoica, pero existen especies que tienen un gametofito femenino y otro masculino, a estas se les denomina dioicas.

Para que ocurra la reproducción sexual el anterozoide debe llegar "nadando" a la ovocélula, por lo tanto, la reproducción sexual suele ocurrir en época de lluvias. Cuando un anterozoide fecunda a una ovocélula se produce un cigoto, o un embrión, y así da inicio el desarrollo del esporofito, que es la estructura resultante de la reproducción sexual. El esporofito es, entonces, la segunda fase (diploide –dos juegos de cromosomas–) del ciclo de vida. El esporofito es una estructura visiblemente diferente en los grupos de briofitas, pero se compone básicamente de tres elementos: pie, seta y cápsula. El pie es la conexión directa del esporofito con el gametofito, la seta (de tamaño variable, según el grupo de briofitas) sostiene a la cápsula, y en la cápsula (de apariencia redondeada a ovalada, en su mayoría) se desarrollan las esporas, que al dispersarse y germinar darán origen a otro gametofito (figura 1).

Una característica que distingue a las briofitas del resto de las plantas verdes es que el esporofito se mantiene unido al gametofito, ya que depende de éste para su nutrición (Vanderpoorten y Goffinet 2009); de tal forma que si desprendiera el esporofito, éste no podría sobrevivir por sí mismo.

En las briofitas, un solo individuo corresponde a un gametofito con su respectivo esporofito (figura 1). Las briofitas normalmente crecen muy unidas y se desarrollan en colonias –conjunto de gametofitos con sus respectivos esporofitos.

Cabe señalar que diversas especies de briofitas pueden ampliar sus poblaciones mediante la dispersión de estructuras asexuales de formas variadas, denominadas propágulos, mismos que se desarrollan en el gametofito (Schofield 1985, Vanderpoorten y Goffinet 2009).

Las briofitas crecen sobre todo en sitios húmedos a muy húmedos, aunque también existen especies de zonas secas, mientras que otras son especí-

García-Avila, D. 2019. Briofitas: taxonomía, diversidad e importancia. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 163-167.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

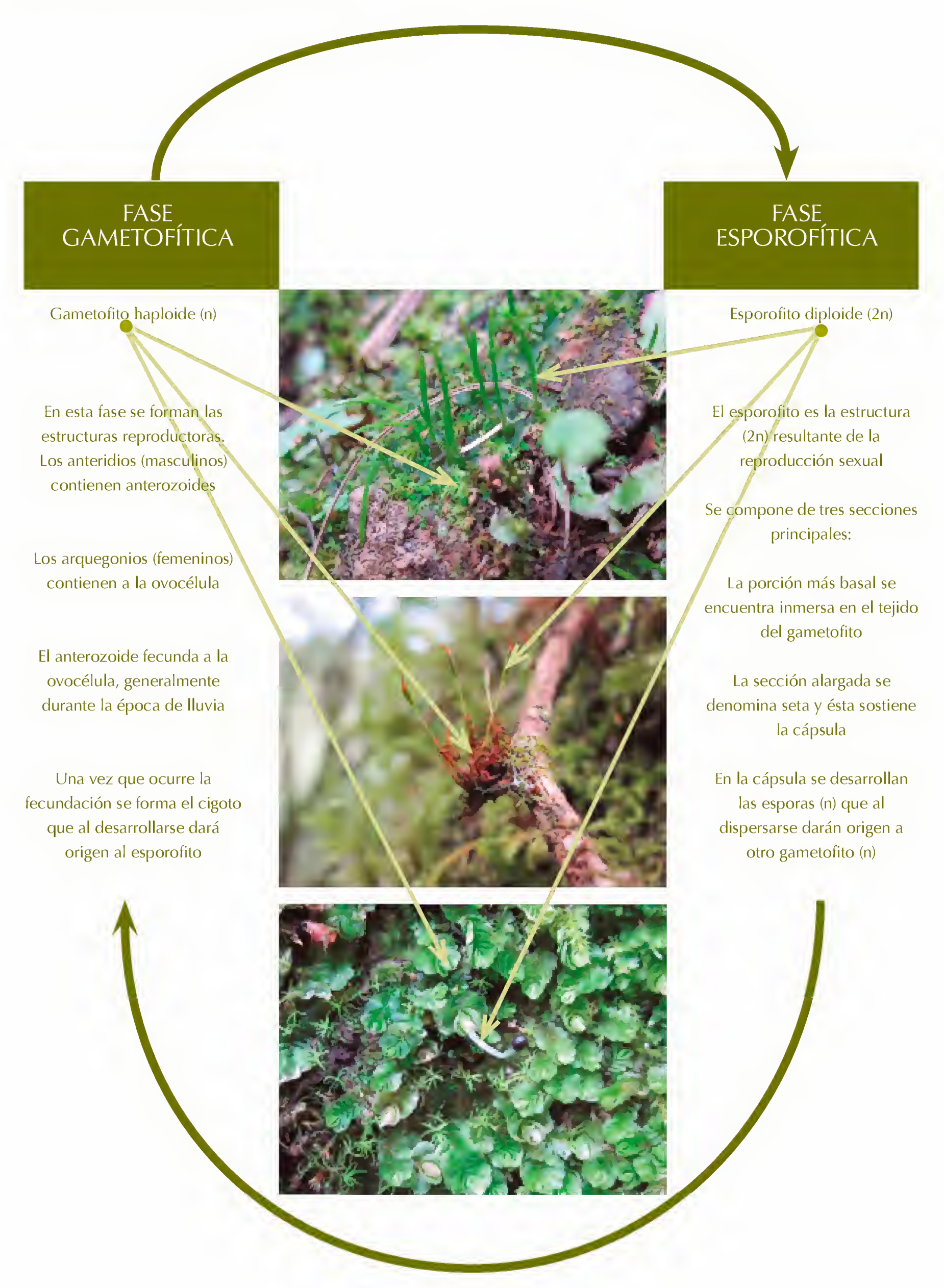


FIGURA 1. Ciclo de vida diplobionte presente en musgos, hepáticas y antocerotes. De arriba hacia abajo se muestran las fases gametofíticas y esporofíticas de un antocerote, un musgo y una hepática foliosa. Fotos: Deneb García-Avila.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ficas de zonas de alta montaña y algunas tienen hábitos acuáticos o semiacuáticos en ambientes dulceacuícolas.

En general, su tamaño es reducido y suelen crecer en diferentes sustratos, tales como rocas, suelos, troncos, ramas, hojas de otras plantas, materia orgánica en descomposición e incluso en superficies de concreto (Glime 2007).

Estas plantas cuentan con estrategias para tolerar la desecación, son poiquilohídricas, esto es, responden a la humedad permaneciendo vivas con un metabolismo reducido en condiciones secas y rehidratándose una vez que existe disponibilidad de agua (Proctor y Tuba 2002). Además de los cambios fisiológicos que experimentan bajo deshidratación, la apariencia del gametofito y esporofito también se modifica; normalmente pierden la turgencia y suelen enroscarse sobre sí mismas, o sólo torcerse de forma ligera.

Pueden vivir en estado deshidratado por décadas y el tiempo que tardan para reactivar su metabolismo varía según la especie (Proctor 2001). Además de la sequía pueden tolerar otras condiciones extremas, como las bajas temperaturas (Glime 2007). Su resistencia es tal que se ha reportado recientemente el crecimiento del gametofito de musgos y hepáticas que estuvieron bajo hielo, al menos durante 1 530 años (Roads *et al.* 2014).

TAXONOMÍA Y DIVERSIDAD

Los análisis filogenéticos m-as recientes han demostrado que los parientes más cercanos de las plantas terrestres son las algas verdes dulceacuícolas (Charophyta; Niklas y Kutschera 2009). Las briofitas son consideradas como las primeras plantas terrestres (Mishler y Churchill 1984). Las filogenias también han demostrado que los musgos, hepáticas y antocerotes son linajes independientes y por lo tanto cada uno debe incluirse en divisiones independientes (Mishler y Churchill 1984, Shaw y Renzaglia 2004, Renzaglia *et al.* 2007, Shaw *et al.* 2011).

Actualmente, se reconocen tres divisiones para las briofitas: Marchantiophyta (hepáticas talosas y foliosas), Bryophyta (musgos) y Anthocerotophyta (antocerotes). Las hepáticas son el linaje más antiguo en la filogenia de las plantas terrestres, seguido por el de los musgos y al final el de antocerotes, que son el grupo hermano de las plantas vasculares conocidas como Tracheophyta (figura 2). Los tres linajes tienen, entre sí, diferencias morfológicas tanto del gametofito como del esporofito (Shaw y Renzaglia 2004, Vanderpoorten y Goffinet 2009).

En términos de diversidad se estima que para las tres divisiones existen 18 150 especies descritas en el mundo (Goffinet *et al.* 2009), siendo las regiones tropicales las que albergan la mayor diversidad. El linaje más diverso es el de los musgos (13 mil), seguido de las hepáticas (cinco mil) y finalmente el de los antocerotes (150).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Por su capacidad poiquilohídrica los tres linajes tienen un rol destacado en el ecosistema ya que participan en el ciclo de los nutrientes (Bates 2009) y en el ciclo hidrológico. Tienen la capacidad de tomar nutrimentos de tres fuentes: del sustrato, del agua por deposición húmeda (mediante la lluvia o exudados de otras plantas), y de la atmósfera por deposición seca (por polvo y gases). Durante su vida acumulan estas sustancias en su gametofito y una vez que éste muere y se desintegra los nutrimentos se reincorporan al ambiente. Esto ocurre tanto en musgos como en hepáticas y antocerotes (Glime 2007).

Por ejemplo, la hepática *Jungermannia* sp., retiene potasio y fósforo, mientras que diversos géneros de musgos (*Hylocomium*, *Braunia*) acumulan nitrógeno. Esta capacidad para acumular minerales los hace excelentes bioindicadores de la calidad ambiental. Se considera que un organismo es bioindicador cuando a través de algún aspecto de su biología proporciona información sobre la calidad del ambiente.

Al analizar el tejido de las briofitas se pueden detectar los elementos y sustancias que circulan en el ambiente (Vanderpoorten y Goffinet 2009); en particular este grupo se ha utilizado para detectar contaminación del aire (Solga y Frahm 2006, Glime 2007, Bates 2009).

Asimismo, los cúmulos generados por la agrupación de briofitas son hábitat de diversos invertebrados (Glime 1994), mantienen microambientes apropiados para la germinación de algunas semillas (García-Ávila 1998) y sirven como material de construcción de nidos para algunas aves (Glime 2007).

Otro aspecto importante es la relación simbiótica que mantienen hepáticas y antocerotes con hongos micorrizógenos de las divisiones Glomeromycota y Mucoromycotina (Bidartondo *et al.* 2011, Desirò *et al.* 2013). También es conocida la asociación simbiótica que tienen los antocerotes con cianobacterias del género *Nostoc*, conocidas por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. De esta forma, los antocerotes reciben nitrógeno y dan a cambio carbono orgánico (Renzaglia *et al.* 2009).

Comercialmente los musgos se explotan con fines ornamentales, para rellenos de almohada, para vendajes y para los pesebres navideños.

AMENAZAS

Las amenazas a la diversidad de especies recaen principalmente en el deterioro de su hábitat natural. Al remover la vegetación se elimina el sustrato natural de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

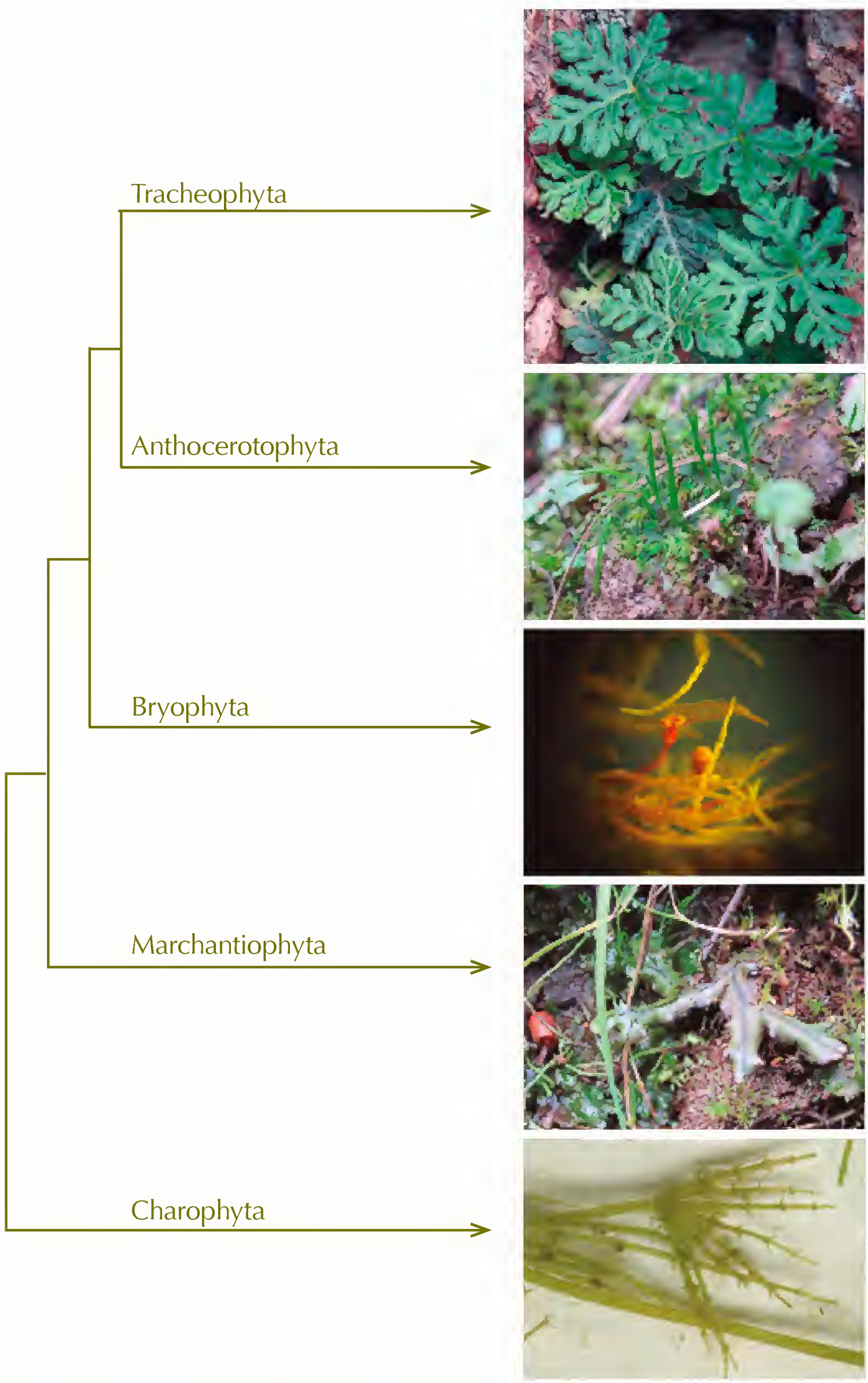


FIGURA 2. Posición filogenética de Marchantiophyta (hepáticas), Bryophyta (musgos) y Anthocerotophyta (antocerotes) en las plantas verdes. Fuente: filogenia resumen elaborada a partir de los resultados de Qiu *et al.* 2006. Fotos: Deneb García-Ávila y para Charophyta de Gustavo Alberto Montejano Zurita/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

diversas especies epífitas, entre ellas las briofitas. La apertura de claros en los bosques afecta la humedad y la sombra necesarias para el desarrollo de estas especies; esta fragmentación del hábitat disminuye los tamaños de las poblaciones y aumenta la distancia entre ellas, dificultando la reproducción (Söderström 2006).

CONCLUSIONES

Musgos, hepáticas y antocerotes deberían ser incluidos con más frecuencia en los estudios de biodiversidad. Las tres divisiones taxonómicas requieren atención en Michoacán, principalmente en zonas distintas a la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal que es la más estudiada.

Los musgos han sido el grupo más colectado y estudiado en el estado y esto se ve reflejado en el listado taxonómico de más de 300 especies, pero esta revisión también deja claro que el estudio de las hepáticas y los antocerotes es prioritario, dado que se desconoce con precisión el listado de especies así como los datos de distribución.

Se ha documentado que la destrucción del hábitat natural de las briofitas pone en riesgo su permanencia, principalmente de las epífitas; sin embargo, faltan estudios ecológicos que proporcionen datos precisos de esa pérdida (en riqueza y biomasa) que va asociada con la apertura de claros en los bosques.

Para dos zonas del estado existen estudios sobre la remoción de los musgos en época navideña, pero aún faltan sobre la capacidad de regeneración de las carpetas de especies de musgos después de la remoción, y también sobre el efecto que tienen esas carpetas de musgo en la germinación y/o inhibición del establecimiento de plantas vasculares.

REFERENCIAS

Bates, J.W. 2009. Mineral nutrition and substratum ecology. En: *Bryophyte Biology*. B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 299-356.

Bidartondo, I.M., J.D. Read, M.J. Trappe *et al.* 2011. The dawn of symbiosis between plants and fungi. *Biology Letters* 7:574-577.

Desirò, A., G.J. Duckett, S. Pressel *et al.* 2013. Fungal symbiosis in hornworts: a chequered history. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences Series B* 280:1-8.

García-Avila, D. 1998. *Los musgos terrestres y su relación con las plantas vasculares de un bosque de pino-encino en San Cayetano, Estado de México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Estado de México.

Glime, J.M. 1994. Bryophytes as homes for stream insects. *Hikobia* 11:483-497.

——. 2007. *Bryophyte Ecology. Bryological interactions*. Michigan Technological University y The International Association of Bryologist, EUA.

Goffinet, B., W.R. Buck y A.J. Shaw. 2009. Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. En: *Bryophyte Biology*. B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 55-138.

Mishler, B.D. y S.P. Churchill. 1984. A cladistic approach to the phylogeny of the "bryophytes". *Brittonia* 36:406-424.

Niklas, K.J. y U. Kutschera. 2009. The evolution of the land plant life cycle. *New Phytologist* 158:27-41.

Proctor, M.C.F. 2001. Patterns of desiccation tolerance and recovery in bryophytes. *Plant Growth Regulation* 35:147-156.

Proctor, M.C.F. y Z. Tuba. 2002. Poikilohydry and homoihydry: antithesis or spectrum of possibilities? *New Phytologist* 156:327-349.

Qiu, Y.L., L. Li, B. Wang *et al.* 2006. The deepest divergences in land plants inferred from phylogenomic evidence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:15511-15516.

Renzaglia, K.S., S. Schuette, J.R. Duff *et al.* 2007. Bryophyte phylogeny: advancing the molecular and morphological frontiers. *The Bryologist* 110:179-213.

Renzaglia, K.S., J.C. Villarreal y J.R. Duff. 2009. New insights into morphology, anatomy, and systematics of hornworts. En: *Bryophyte biology*. B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 139-172.

Roads, E., R.E. Longton y P. Convey. 2014. Millennial timescale regeneration in a moss from Antarctica. *Current Biology* 24:R222-R223.

Schofield, W.B. 1985. *Introduction to bryology*. McMillan, Michigan.

Shaw, A.J. y K.S. Renzaglia. 2004. Phylogeny and diversification of bryophytes. *American Journal of Botany* 91:1557-1581.

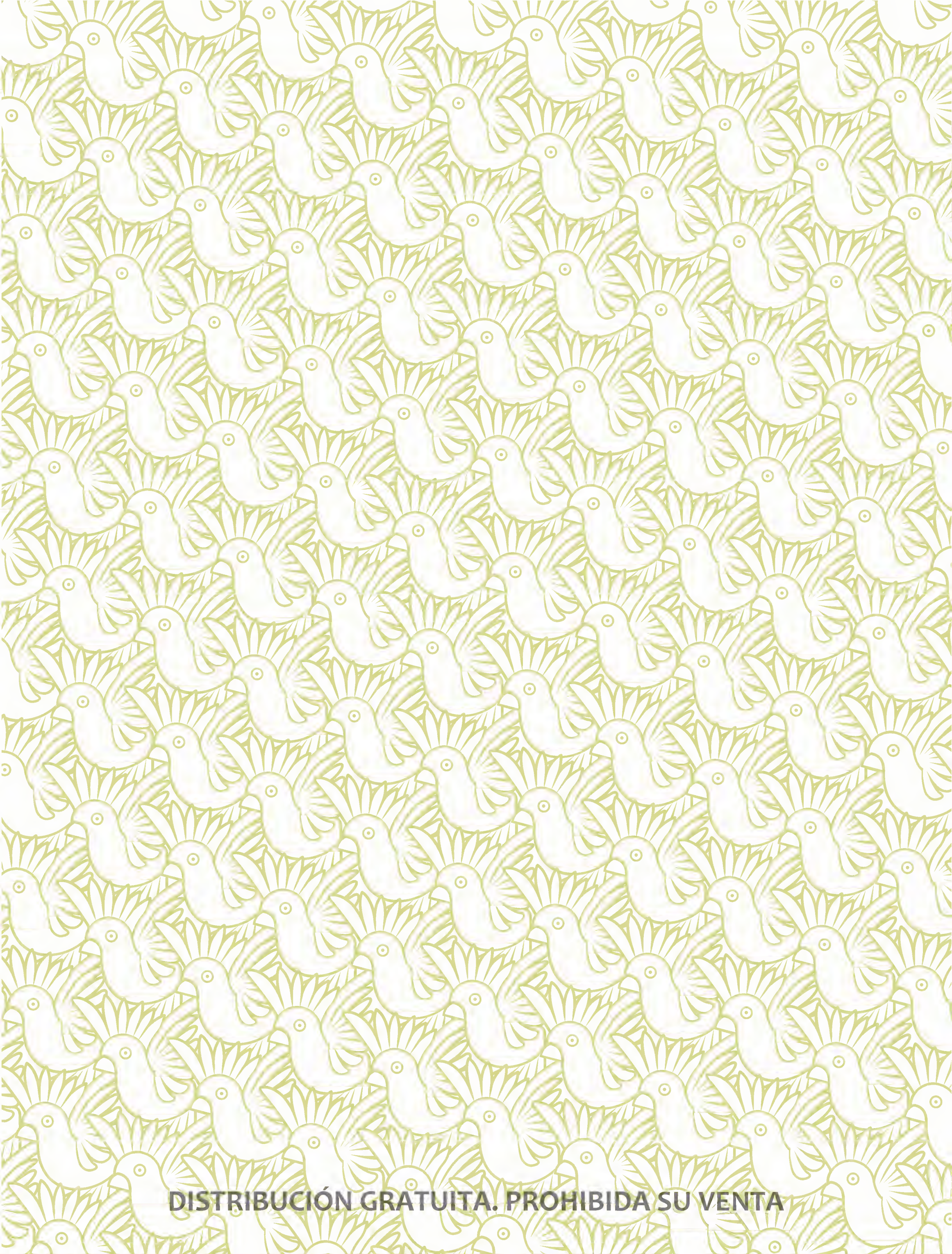
Shaw, A.J., P. Szövényi y B. Shaw. 2011. Bryophyte diversity and evolution: windows into the early evolution of land plants. *American Journal of Botany* 98:352-369.

Söderström, L. 2006. Conservation biology of bryophytes. *Lindbergia* 31:24-32.

Solga, A. y J.P. Frahm. 2006. Nitrogen accumulation by six pleurocarpous moss species and their suitability for monitoring nitrogen deposition. *Journal of Bryology* 28:46-52.

Vanderpoorten, A. y B. Goffinet. 2009. *Introduction to bryophytes*. Cambridge University Press, Reino Unido.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hepáticas talosas y foliosas (Marchantiophyta)

DENEB GARCÍA AVILA

Las hepáticas aparecieron en la tierra hace aproximadamente 408 millones de años (Wikström *et al.* 2009) y por su morfología se pueden distinguir tres grandes grupos: talosas complejas, talosas simples y foliosas (figura 1).

La variación morfológica de las hepáticas se puede apreciar tanto en el gametofito como en el esporofito, de tal forma que se puede distinguir a las talosas de las foliosas de manera fácil.

Sin embargo, hay dos características comunes en las plantas pertenecientes a la división Marchantiophyta: 1) los eláteres (estructuras con engrosamientos de lignina en espiral) que se ubican dentro de la cápsula del esporofito y, 2) la presencia de cuerpos oleosos (similar a gotas de aceite) en las células del gametofito que se encuentran en mayor cantidad en las hepáticas foliosas (Schuster 1966).

Las talosas complejas presentan cámaras de aire que se comunican hacia la superficie del talo a través de poros; algunas especies presentan copas de dispersión que albergan yemas para la propagación vegetativa (figura 2). Los poros (puntos blanquecinos; figura 2a) son característica distintiva de varias especies.

Este grupo desarrolla estructuras especializadas que varían en su morfología según la familia y que contienen a los órganos sexuales: anteridióforos (portan los anteridios) y los arquegonióforos (portan a los arquegonios, en donde se desarrollan los esporofitos; Crandall-Stotler *et al.* 2009).

Por su parte, las talosas simples se distinguen de las complejas por tener un talo más delgado, carecer de cámaras de aire y poros en el gametofito; además carecen de arquegonióforos (Vanderpoorten y Goffinet 2009).

Las hepáticas foliosas se distinguen por diversas características del gametofito, por ejemplo, la forma en que se insertan las hojas en el tallo, la presencia o ausencia y forma del anfigastrio (pequeña hoja ventral), la forma, el arreglo, el número y el tamaño de los cuerpos oleosos (Schuster 1966), así como por la presencia o ausencia de trígonos (engrosamientos en forma de triángulo ubicados entre las células de las hojas).

Respecto a los sitios en donde habitan los diferentes tipos de hepáticas, las talosas tienen afinidad por lugares muy húmedos, incluso viven sumergidas en lechos de arroyos (figura 2), casi siempre se encuentran en el suelo, aunque algunas talosas simples crecen en cortezas de árboles y sobre rocas.

Las hepáticas foliosas son primordialmente epífitas, aunque también colonizan rocas y se encuentran en bosques templados y en zonas tropicales (Vanderpoorten y Goffinet 2009). Este grupo es el que está en mayor riesgo debido a la tala de árboles en las zonas en las que se distribuyen (Vanderpoorten y Hallingbäck 2009).

García-Avila, D. 2019. Hepáticas talosas y foliosas (Marchantiophyta). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 169-173.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Diversidad de hepáticas: a) talosa compleja, b) talosa simple, c) foliosa. Fotos: Deneb García-Avila.

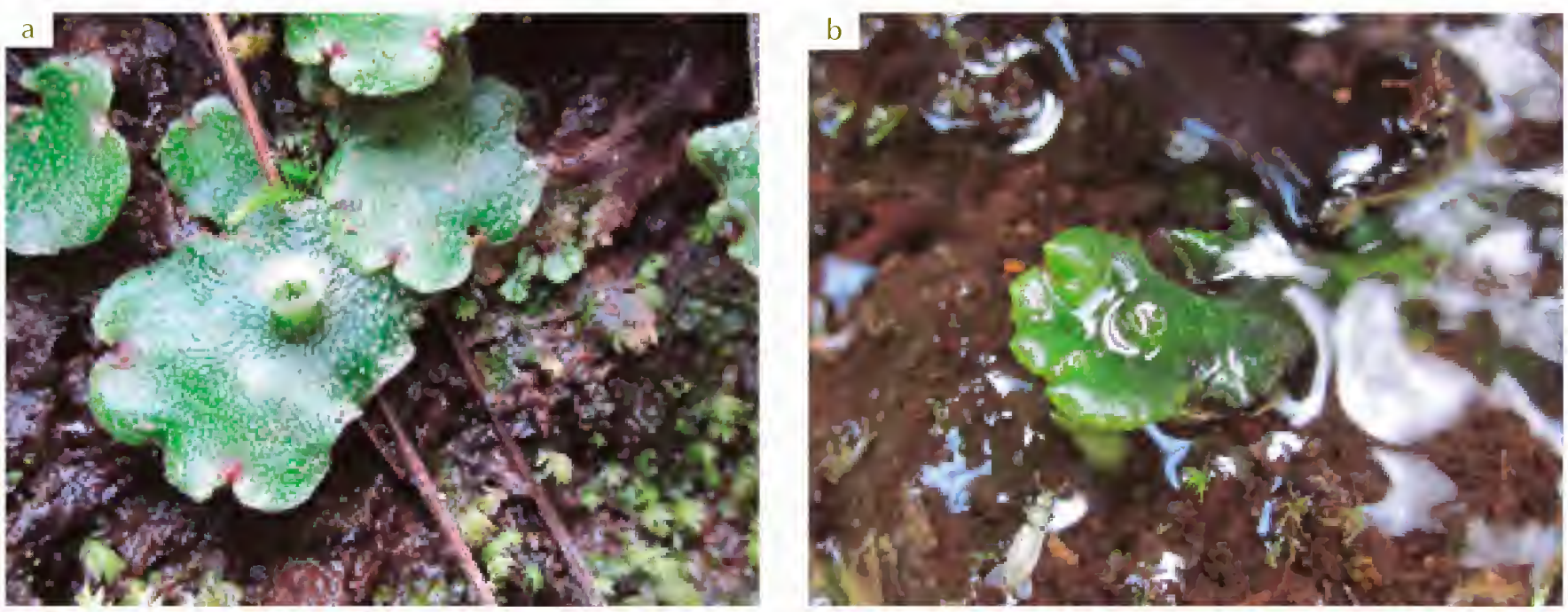


FIGURA 2. a) Copas de dispersión de la hepática talosa *Marchantia polymorpha* que crece sobre suelo, b) otra *M. polymorpha* que crece en el lecho de un arroyo. Fotos: Deneb García-Avila.

DIVERSIDAD

En el mundo se han descrito cerca de cinco mil especies de hepáticas, de las cuales las foliosas reportan la mayor diversidad (Crandall-Stotler *et al.* 2009). Se trata de plantas poco estudiadas en México, por lo que el número de especies en el país aún es conservador. De acuerdo con Fulford y Sharp (1990), México cuenta con 768 especies, sólo de hepáticas foliosas, si a eso se suman las 56 especies de talosas depositadas en el Herbario Nacional (MEXU), se tienen un total de 824 especies pertenecientes a la división Marchantiophyta.

Recientemente, Delgadillo-Moya y Juárez-Martínez (2012) refirieron un total de 592 especies y variedades de hepáticas para México. La discrepancia en los registros indica que este grupo requiere más atención y estudio.

La diversidad de hepáticas de México se concentra en dos clases: Jungermanniopsida y Marchantiopsida (cuadro 1); la clase Haplomitriopsida no se ha reportado para el país. La información recolectada para el presente estudio se compiló a partir del trabajo realizado por Fulford y Sharp (1990) y las bases de datos de la CONABIO (Delgadillo-Moya 2003), también se obtuvo información de las colecciones depositadas en bases de datos en línea, de los siguientes herbarios: Herbario Nacional (MEXU), Jardín Botánico de Nueva York (NY), Jardín Botánico de Missouri (MO) y el Herbario de la Universidad de Götingen (GOET).

Con base en esta revisión se contabilizó un total de 101 especies, subespecies y variedades para Michoacán (apéndice 20, cuadro 2) de las cuales 12 son nuevos registros para México, 14 son endémicas para el país y de éstas, sólo *Tritomaria mexicana* es endémica para la entidad. Los registros indican que el orden más numeroso es Jungermanniales con 47 especies y variedades seguido de Porellales con 42 especies (cuadro 2).

Las familias más diversas fueron Lejeuneaceae (21 especies), Plagiochilaceae (18) y Frullaniaceae (12), seguidas de Porellaceae y Scapaniaceae (seis especies cada una), y el resto con menos de cinco especies cada una (apéndice 20, figura 3).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Sinopsis de la clasificación actual, para la división Marchantiophyta.

Clase	Superclase	Orden	Suborden	Familia
Haplomitriopsida	Treubiidae	Treubiales		Treubiaceae
	Haplomitriidae	Calobryales		Haplomitriaceae
	Blasiidae	Blasiales		Blasiaceae
Marchantiopsida (talosas complejas)	Marchantiidae	Sphaerocarpales		2
		Neohodgsoniales		Neohodgsiniaceae
		Lunulariales		Lunulariaceae
		Marchantiales*		15 (Aytoniaceae*, Dumortieraceae, Marchantiaceae, Ricciaceae y Targioniaceae)
Jungermaniopsida (talosas simples y foliosas)	Pelliidae	Pelliales*		Pelliaceae*
		Fossombroniales	3	5
		Pallavicinales	2	5
	Metzgeriidae	Pleuroziales		Pleuroziaceae
		Metzgeriales*		4 (Metzgeriaceae*)
	Jungermanniidae	Porellales*	3	7 (Frullaniaceae*, Lejeuneaceae, Porellaceae, Radulaceae)
		Ptilidiales	1	3
		Jungermanniales*	4	35 (Cephaloziaceae*, Cephaloziellaceae, Jamesoniellaceae, Scapaniaceae, Acrobolbaceae, Arnelliaceae, Gymnomitriaceae, Jungermanniaceae, Solenostomataceae, Herbertaceae, Lepidoziaceae, Lophocoleaceae, Plagiochilaceae, Pseudolepicoleaceae)

*Órdenes y familias presentes en el estado.
Fuente: elaboración propia con datos de Crandall-Stotler *et al.* 2009.

CUADRO 2. Resumen del total de especies de Marchantiophyta.

Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familias	Géneros	Especies	Subespecies	Variedades
Jungermanniopsida	Jungermannidae	Jungermanniales	Cephaloziineae	4	8	13	1	
			Jungermannineae	5	5	9		
			Lophocoleineae	5	6	25		1
		Porellales	Jubulineae	2	12	33		
			Porellineae	1	1	6		
			Radulineae	1	1	3		
	Metzgeriidae	Metzgeriales		1	1	3	1	
	Pelliidae	Pelliales		1	1	1		
Marchantiopsida	Marchantiidae	Marchantiales		5	5	8		
Total				**25**	**40**	**101**	**2**	**1**

Fuente: elaboración propia con datos de este estudio y de Fulford y Sharp 1990, Delgadillo-Moya 2003, bases de los herbarios NY, MO, GOET y MEXU.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

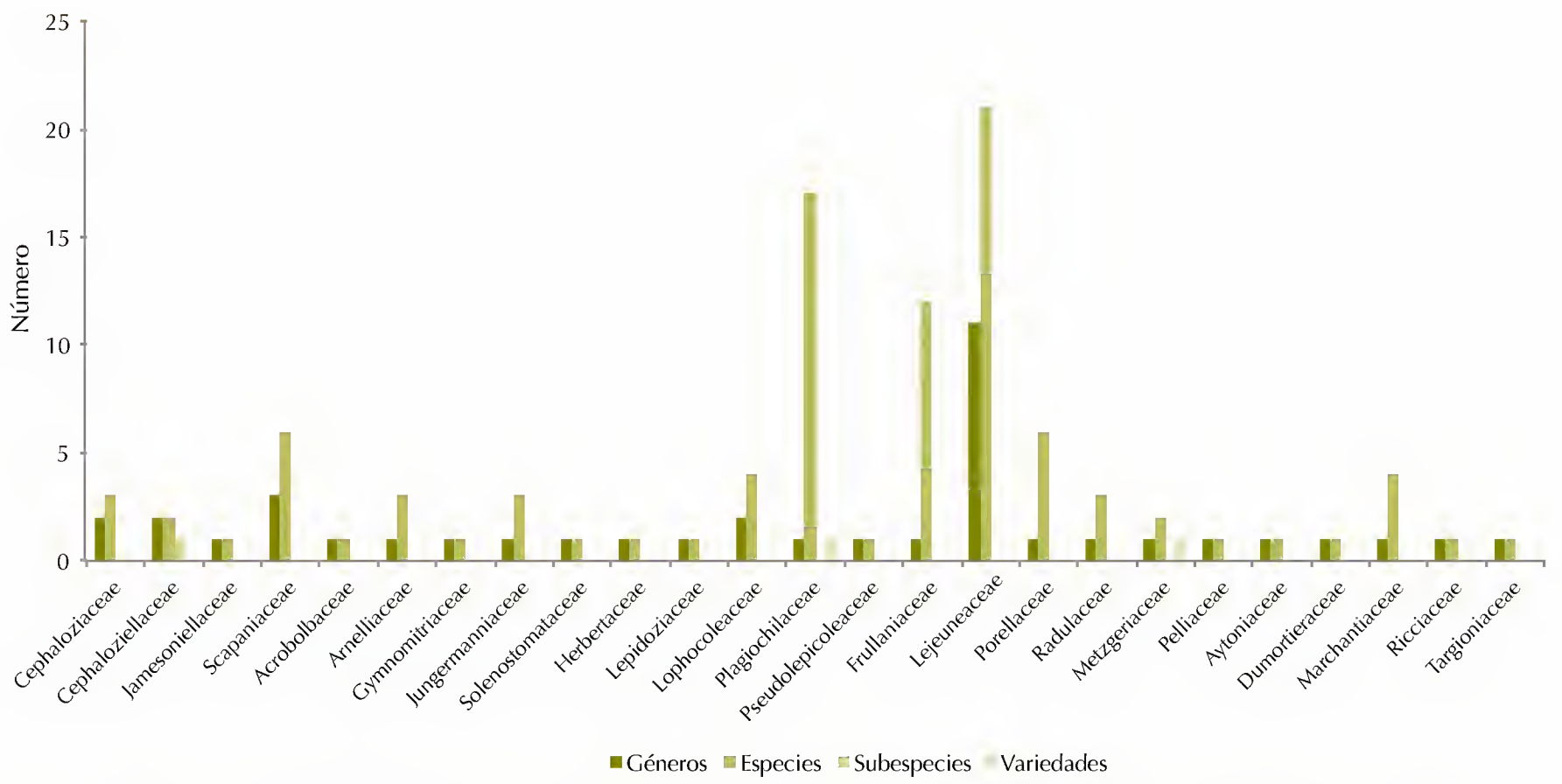


FIGURA 3. Diversidad de especies de hepáticas, por familias. Fuente: elaboración propia con datos compilados para este estudio.

DISTRIBUCIÓN

Los datos de distribución se obtuvieron de la información concentrada en las bases de datos de Delgadillo-Moya (2003), así como de las de los herbarios ya mencionados. En los reportes de Fulford y Sharp (1990) no se cuenta con datos de distribución de las especies. Las georeferencias faltantes se obtuvieron buscando directamente la localidad mediante ArcGis Desktop Explorer y en el mapa digital de México del INEGI. Se encontró que los municipios en donde se han colectado hepáticas son: Nuevo San Juan Parangaricutiro, Pátzcuaro, Hidalgo, Queréndaro, Paracho, Uruapan, Tuxpan, Morelia, Chilchota y Zacapu, todos pertenecientes al Sistema Volcánico Transversal, y otras especies se han colectado en La Piedad, correspondiente a la Altiplanicie (apéndice 20); un número considerable de especies no cuentan con datos de localidad.

CONSERVACIÓN

No se han documentado trabajos que reporten esfuerzos de conservación para este grupo de plantas en el estado. Para establecer estrategias de conservación es necesario realizar estudios básicos de diversidad y riqueza de las hepáticas epífitas, sobre todo si ya se ha documentado que la tala de árboles afecta a esas especies; un gran número de especies de hepáticas foliosas son epífitas. Especies de las familias Frullaniaceae y Porellaceae suelen crecer en árboles de encino o de oyamel (obs. pers.), por lo tanto, al cuantificar la diversidad en estos hospederos se podría generar un diagnóstico y entonces una estrategia de conservación.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Se detectó que faltan numerosos datos geográficos, sobre todo de las especies mencionadas por Fulford y Sharp (1990). También se encontró que es necesario realizar estudios taxonómicos de hepáticas, dado que a la fecha no se cuenta con datos, en al menos tres provincias fisiográficas: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Sierra Madre del Sur y Llanura Costera. Asimismo, debe ampliarse el muestreo en otros municipios del estado pertenecientes al Sistema Volcánico Transversal. Recientemente, Magaña-Marcial y García-Avila han realizado colectas en los municipios de Morelia, Queréndaro, Tacámbaro y Salvador Escalante, y se está trabajando en la determinación taxonómica de las especies.

CONCLUSIÓN

La diversidad de especies de hepáticas en el estado es relevante ya que se tiene registrado más de 10% del total reportado para el país. El Sistema Volcánico Transversal es el mejor representado. Es claro que el grupo de hepáticas foliosas es el más diverso. En tres familias (Lejeuneaceae, Plagiochillaceae y Frullaniaceae) recaen un número considerable de especies endémicas para México, muchas de ellas son epífitas. Los órdenes más

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

numerosos son Porellales y Jungermanniales. Es necesario realizar estudios sobre la especificidad de los hospederos en el caso de las hepáticas foliosas epífitas, ya que se ha visto que una misma especie de foliosa puede vivir en más de 40 especies de árboles diferentes (Equihua y Equihua 2007).

REFERENCIAS

Crandall-Stotler, B., E.R. Stotler y G.D. Long. 2009. Morphology and classification of the Marchantiophyta. En: *Bryophyte biology*. B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 1-54.

Delgadillo-Moya, C. 2003. La colección briológica del Herbario Nacional (MEXU). Actualización 2000. Instituto de Biología-UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos U006 y J088. México.

Delgadillo-Moya, C. y C. Juárez-Martínez. 2012. Biodiversidad de Anthocerotophyta y Marchantiophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S106-S109.

Equihua, C. y M. Equihua. 2007. Spatial distribution of *Bryopteris filicina* on tree trunks in the selva lacandona, Chiapas, México. *The Bryologist* 110:766-775.

Fulford, M. y J.A. Sharp. 1990. The leafy Hepaticae of Mexico: one hundred and twenty-seven years after C.M. Gottsche. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 63:1-86.

GOET. The bryophyte herbarium at Göttingen, Alemania. En: *<https://www.uni-goettingen.de/de/the-bryophyte-herbarium-at-g%C3%B6ttingen-goet/157037.html>*, última consulta: 9 de febrero de 2013.

MEXU. Herbario Nacional. Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO). Instituto de Biología, UNAM. En: *<http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU,Herbario>*, última consulta: 8 de febrero de 2013.

MO. Missouri Botanical Garden. Electronic databases. En: *<http://www.tropicos.org/>*, última consulta: 8 de febrero de 2013.

NY. The New York Botanical Garden. International Plant Science Center. The C.V. Starr Virtual Herbarium. En: *<http://sciweb.nybg.org/Science2/vii2.asp>*, última consulta: 13 de noviembre de 2012.

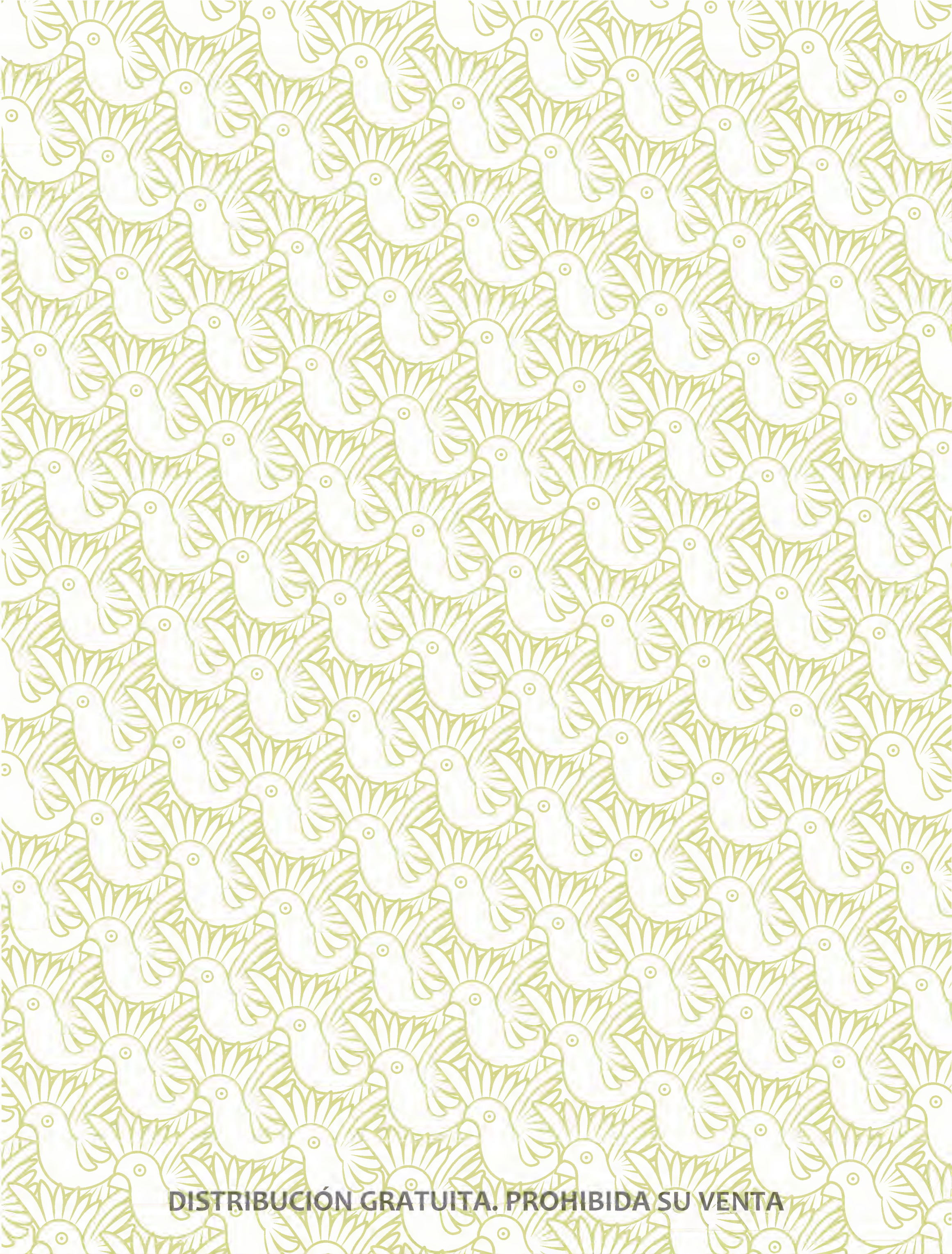
Schuster, R.M. 1966. *The hepaticae and anthocerotae of North America*, vol. 1. Columbia University Press, India.

Vanderpoorten, A. y B. Goffinet. 2009. *Introduction to bryophytes*. Cambridge University Press, Nueva York.

Vanderpoorten, A. y T. Hallingbäck. 2009. Conservation biology of bryophytes. En: *Bryophyte biology*. B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 487-520.

Wikström, N., X. He-Nygrén y J.A. Shaw. 2009. Liverworts (Marchantiophyta). En: *The timetree of life*. B. Hedges y S. Kumar (eds.). Oxford University Press, EUA, pp. 146-152.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Musgos (Bryophyta)

DENEB GARCÍA AVILA

DESCRIPCIÓN

Los musgos son el grupo hermano de los antocerotes y las plantas vasculares (Shaw y Renzaglia 2004, Renzaglia *et al.* 2007). Se estima que el grupo se originó hace aproximadamente 380 millones de años (Newton *et al.* 2009). Es un grupo diverso en su morfología y en las características de sus gametofitos y esporofitos. El gametofito puede tener un crecimiento erecto, postrado o colgante (figura 1).

FIGURA 1. a) Ejemplo de un musgo con crecimiento erecto, b) postrado, c) colgante. Fotos: Deneb García-Avila.

García-Avila, D. 2019. Musgos (Bryophyta). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 175-180.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Dentro de los musgos, dependiendo de la posición del esporofito en el gametofito, se reconocen dos grandes grupos (figura 2): acrocárpicos (el esporofito es apical en el tallo principal) y pleurocárpicos (el esporofito es lateral en el tallo principal; Schofield 1985).

Las características del esporofito son básicas para diferenciar entre clases, órdenes, familias y especies (Delgadillo-Moya y Cárdenas 1990, Goffinet *et al.* 2009, Delgadillo-Moya 2012). Los musgos, a diferencia de las hepáticas, no poseen eláteres en el esporofito, pero sí presentan estomas en la cápsula del mismo, característica que comparten con los antocerotes. Se pueden distinguir fácilmente de las hepáticas foliosas por el arreglo de las hojas en el tallo, ya que los musgos suelen tener un arreglo en espiral mientras que las hepáticas foliosas no lo presentan (Delgadillo-Moya y Cárdenas 1990).

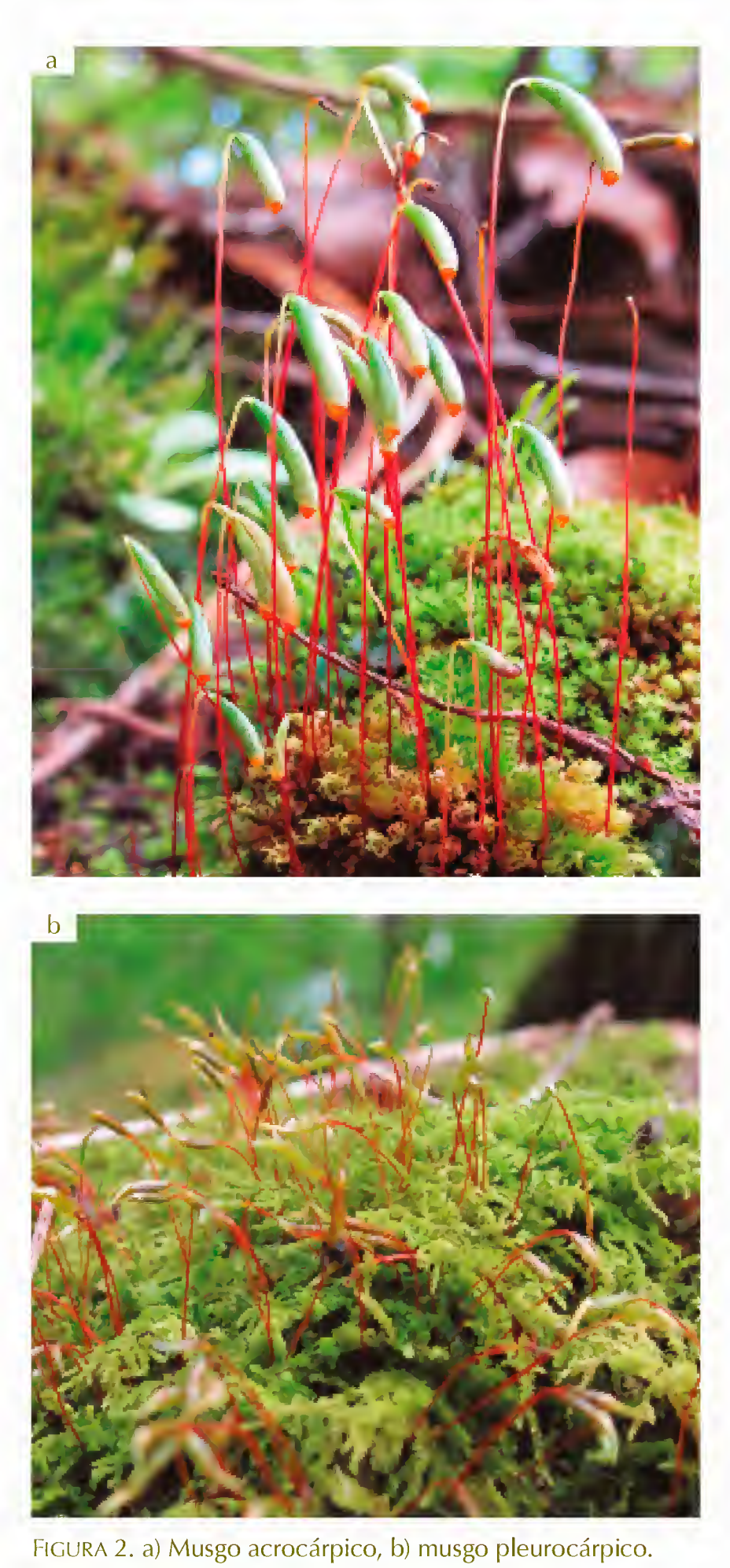


FIGURA 2. a) Musgo acrocárpico, b) musgo pleurocárpico. Fotos: Deneb García-Avila.

Los musgos son diversos en cuanto a tamaño y forma: pueden medir desde unos milímetros hasta 30 cm de largo, aunque son muy pocas las especies que alcanzan esas dimensiones (Glime 2007). Se pueden encontrar en diferentes sustratos: suelo, rocas, troncos de árboles y en materia orgánica en descomposición. Algunas especies crecen en zonas inundables o incluso sumergidas, pero siempre en agua dulce. Se les puede hallar desde el Ártico hasta las zonas tropicales y áridas (Goffinet *et al.* 2009, Glime 2007).

DIVERSIDAD

En el mundo se han descrito 13 mil especies de musgos agrupados en cinco superclases, ocho clases, seis subclases, dos súper órdenes, 30 órdenes y 111 familias (Goffinet *et al.* 2009). La diversidad de especies de Bryophyta es mayor comparado con Marchantiophyta y Anthocerotophyta. Se calcula que en el país existen cerca de mil especies descritas (Delgadillo-Moya 2012). En el cuadro 1 se presenta la clasificación más reciente de los musgos (Goffinet *et al.* 2009) y se indican con un asterisco los taxones presentes en el estado.

Para determinar el número de especies de musgos registradas para el estado se realizaron búsquedas en las bases de datos en línea de los siguientes herbarios: Jardín Botánico de Nueva York (NY), Jardín Botánico de Missouri (MO), Herbario Nacional de México (MEXU) y el herbario de la Universidad de Göttingen (GOET). Además, se consultaron los dos volúmenes de la flora de musgos de México (Sharp *et al.* 1994) y las bases de datos de la CONABIO de Delgadillo-Moya (2003).

En esa revisión se encontró que Sharp *et al.* (1994) reportan 229 especies y variedades de musgos presentes en la entidad. Sin embargo, la información recabada en las bases de datos mencionadas arrojó un total de 351 especies e infraespecies (apéndice 21), lo que representa 35.2% del total conocido para México. De éstas, sólo dos son endémicas del estado (*Lindbergia ovata* y *Bruchia paricutinensis*) mientras que 21 son endémicas de México.

El orden Hypnales es el más diverso en número de familias y especies; está compuesto por 22 familias, 108 especies y 13 variedades, seguido de Dicranales con siete familias, 48 especies, dos variedades y una subespecie. Continúan en importancia aquellos órdenes que sólo tienen dos familias: Grimmiales, Bryales, Hedwigiales, Hookeriales y Pottiales (cuadro 2).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Sinopsis de la clasificación actual para la división Bryophyta.

Superclase	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Familia
I	Takakiopsida			Takakiales	Takakiaceae
II	Sphagnopsida			Sphagnales	Sphagnaceae
				Ambuchananiales	Ambuchananiaceae
III	Andreaeopsida			Andreales*	Andreaeaceae*
IV	Andreaeobryopsida			Andreaeobryales	Andreaeobryaceae
V	Oedipodiopsida			Oedipodiales	Oedipodiaceae
	Polytrichopsida			Polytrichales*	Polytrichaceae*
	Tetraphidopsida			Tetraphidales	Tetraphidaceae
	Bryopsida	Buxbaumiidae		Buxbaumiales	Buxbaumiaceae
		Diphysciidae		Diphysiales	Dyphysciaceae
		Timmiidae		Timmiales	Timmiaceae
		Funariidae*		Gigaspermales	Gigaspermaceae
				Funariales*	2 (Funariaceae)*
				Encalyptales*	2 (Encalyptaceae)*
		Dicranidae*		Scouleriales	2
				Bryoxiphiales	Bryoxiphiaceae
				Grimmiales*	3 (Grimmiaceae, Ptychomitriaceae)*
				Archidiales*	Archidiaceae*
				Dicranales*	13 (Bruchiaceae, Dicranaceae, Ditrichaceae, Fissidentaceae, Leucobryaceae, Rhabdoweisiaceae)*
				Pottiales*	4 (Calymperaceae, Pottiaceae)*
		Bryidae*	Bryanae*	Splachnales*	2 (Splachnaceae)*
				Bryales*	7 (Bryaceae, Mniaceae)*
				Bartramiales*	Bartramiaceae*
				Orthotrichales*	Orthotrichaceae*
				Hedwigiales*	3 (Hedwigiaceae, Helicophyllaceae)*
				Rhizogoniales	3
			Hypnanae*	Hypnodendrales*	4 (Racopilaceae)*
				Ptychomniales	Ptychomniaceae
				Hookeriales*	7 (Daltoniaceae, Pilotrichaceae)*
				Hypnales*	42 (Amblystegiaceae, Anomodontaceae, Brachytheciaceae, Calliergonaceae, Cryphaeaceae, Entodontaceae, Fabroniaceae, Hylocomiaceae, Hypnaceae, Lembophyllaceae, Leskeaceae, Leucodontaceae, Meteoriaceae, Neckeraceae, Plagiotheciaceae, Prionodontaceae, Pterobryaceae, Pylaisiadelphaceae, Regmatodontaceae, Sematophyllaceae, Stereophyllaceae, Thuidiaceae)*

*Órdenes y familias presentes en el estado.
Fuente: elaboración propia con datos de Goffinet *et al.* 2009.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Resumen, por órdenes, familias, géneros, especies, subespecies y variedades de musgos.

Clase	Subclase	Superorden	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Sub especies	Variedades
Andreaeopsida			Andreaeales	1	1	1		
Polytrichopsida			Polytrichales	1	4	8		1
Bryopsida	Dicranidae		Archidiales	1	1	5		
			Dicranales	7	20	48	1	2
			Grimmiales	2	4	10		
			Pottiales	2	30	54		15
	Funariidae		Encalyptales	1	1	1		
			Funariales	1	2	6		2
	Bryidae	Bryanae	Bartramiales	1	6	17	1	
			Bryales	2	9	41		
			Hedwigiales	2	4	5		
			Orthotrichales	1	5	17	2	1
			Splachnales	1	1	1		
		Hypnanae	Hookeriales	2	2	5		
			Hypnodendrales	1	1	1		
			Hypnales	22	64	108		13
Total				**48**	**155**	**328**	**4**	**34**

Fuente: elaboración propia con datos de Sharp *et al.* 1994, Delgadillo-Moya 2003, Goffinet *et al.* 2009.

En cuanto a la diversidad de especies por familia, se encontró que Pottiaceae es la más numerosa con 52 especies y 15 variedades, seguida de Bryaceae con 30, después Brachytheciaceae con 19 especies y dos variedades, Leucobryaceae con 18 especies, Bartramiaceae con 17 especies y una subespecie, y Orthotrichaceae con 17 especies, dos subespecies y una variedad (cuadro 3).

DISTRIBUCIÓN

Los datos de distribución se obtuvieron de las bases de datos antes mencionadas y en el caso de que sólo tuvieran la localidad, se procedió a georeferenciar el registro en ArcGis Desktop Explorer y en el Mapa Digital de México.

Las dos especies endémicas del estado se localizan en los municipios de Uruapan, Nuevo Parangaricutiro, Morelia y Tangancícuaro, pertenecientes al Sistema Volcánico Transversal.

La distribución de la mayoría de las especies de musgos se concentra en esa provincia fisiográfica, con un total de 301 registros. Por su parte, en la de Altiplanicie se registraron 39 especies, mientras que en la Sierra Madre del Sur fueron 18 y en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec sólo se contabilizaron siete registros.

La única provincia fisiográfica que no cuenta con registro de musgos es la Llanura Costera (apéndice 21).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Las especies de musgos que se explotan en épocas navideñas varían según cada estado del país; por ejemplo, se ha visto que en los Altos de Chiapas se comercializan musgos de la familia Dicranaceae, mientras que del Nevado de Toluca se extraen especies como *Thuidium delicatulum*, *Hypnum amabile* y recientemente *Leptodontium* (obs. pers.). Cabe señalar que en Michoacán se han realizado estudios para contabilizar la extracción y la comercialización de musgos en la sierra de Chincua (Gómez-Peralta y Wolf 2001) y en los alrededores de Morelia (Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004). En estos estudios se menciona la explotación de especies de los géneros *Thuidium*, *Bryum* y *Braunia* (véase Estudio de caso. Aprovechamiento comercial de musgos, en esta obra). Las especies que se explotan no son endémicas ni de distribución restringida, sin embargo, sería conveniente establecer mecanismos para una explotación controlada. Se ha observado que las carpetas de *Thuidium delicatulum* e *Hypnum amabile* albergan una cantidad importante de semillas, cuyo éxito de germinación, para algunas especies, es mayor en zonas con musgo que sin él (García-Avila 1998). Los musgos, al igual que las hepáticas y los antocerotes, están amenazados por la explotación ilimitada de los bosques, que son su hábitat natural.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Familias de musgos más diversas.

Familia	Especies	Subespecies	Variedades
Pottiaceae	52	0	15
Bryaceae	30	0	0
Brachytheciaceae	19	0	2
Leucobryaceae	18	0	0
Bartramiaceae	17	1	0
Orthotrichaceae	17	2	1

Fuente: elaboración propia con datos recabados para este trabajo y de Sharp *et al.* 1994, Delgadillo-Moya 2003, Goffinet *et al.* 2009.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

A pesar de que este grupo de briofitas es el más estudiado en México, aún existen vacíos de información para el estado. Es necesario tener un listado más completo de las especies, centrándose en las provincias fisiográficas de las que aún no se tienen registros (Llanura Costera) y de las que se tienen pocos (Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Sierra Madre del Sur). Falta obtener información de los municipios en donde se distribuyen 44 especies mencionadas por Sharp *et al.* (1994), ya que es un dato faltante en la flora de musgos de México.

CONCLUSIONES

A pesar de que este grupo de briofitas es el más estudiado en el país y de que Michoacán cuenta con una considerable diversidad conocida, es necesaria la exploración de sitios para completar el listado de musgos del estado.

Se sabe que algunas especies se extraen en la época navideña y esta remoción altera el equilibrio de los bosques. Hay que recordar que una de las funciones de los musgos es contribuir al mantenimiento de la humedad del bosque, además de proveer un hogar a diferentes microorganismos, por lo que su remoción afecta distintos aspectos del ciclo natural de ese ecosistema.

Aún hay mucho trabajo por hacer. Se requieren estudios básicos que analicen, por ejemplo, el tiempo de regeneración de las carpetas de musgos en los sitios con remoción. Con ese tipo de análisis se podría establecer una estrategia para la extracción que sea menos dañina para el bosque. También es necesario realizar estudios sobre el tipo de semillas que germinan sobre los musgos, así como el efecto que tienen en el establecimiento de las plántulas en los bosques de Michoacán. Con esa información se tendría un conocimiento más preciso sobre las especies de plantas vasculares que se ven afectadas con la remoción de los musgos.

Otra alternativa para el problema de la remoción sería diseñar una estrategia de cultivo de especies particulares para la venta. Para lograr esa estrategia es necesario realizar experimentos de crecimiento y determinar, de las especies más explotadas, cuál es la que crece *in vitro* con mayor facilidad.

REFERENCIAS

Delgadillo-Moya, C. 2003. *La colección briológica del Herbario Nacional (MEXU). Actualización 2000.* Instituto de Biología-UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos U006 y J088. México.

——. 2012. Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* DOI: 10.7550/rmb.30953.

Delgadillo-Moya C. y A. Cárdenas. 1990. *Manual de briofitas.* Instituto de Biología-UNAM, México.

García-Avila, D. 1998. *Los musgos terrestres y su relación con las plantas vasculares de un bosque de pino-encino en San Cayetano, Estado de México.* Tesis de licenciatura en biología. UAEM, Estado de México.

Glime, J.M. 2007. *Bryophyte ecology. Bryological interactions.* Michigan Technological University/The International Association of Bryologist, EUA.

Gómez-Peralta, M. y M.D.P. Angón-Torres. 2004. *Recursos forestales no maderables aprovechados en Morelia.* Gobierno del Estado de Michoacán/SUMA, Morelia.

Gómez-Peralta, M. y J.H.D. Wolf. 2001. Commercial bryophyte harvesting in the monarch butterfly biosphere reserve, sierra Chincua, Michoacán, México. *The Bryologist* 104:517-521.

Goffinet, B., W.R. Buck y A.J. Shaw. 2009. Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. En: *Bryophyte Biology.* B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 55-138.

GOET. The bryophyte herbarium at Göttingen, Alemania. En: *<https://www.uni-goettingen.de/de/the-bryophyte-herbarium-at-g%C3%B6ttingen-goet/157037.html>,* última consulta: 9 de febrero de 2013.

MEXU. Herbario Nacional. Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO). Instituto de Biología-UNAM, México. En: *<http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU,Herbario>,* última consulta: 8 de febrero de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

MO. Missouri Botanical Garden, electronic databases. En: *<http://www.tropicos.org/>*, última consulta: 8 de febrero de 2013.

NY. The New York Botanical Garden. International Plant Science Center. The C.V. Starr Virtual Herbarium. En: *<http://sciweb.nybg.org/Science2/vii2.asp>*, última consulta: 13 de noviembre de 2012.

Newton, A.E., N. Wikström y A.J. Shaw. 2009. Mosses (Bryophyta). En: *The timetree of life*. B. Hedges y S. Kumar (eds.). Oxford University Press, EUA, pp. 138-145.

Renzaglia, K.S., S. Schuette, J.R. Duff *et al.* 2007. Bryophyte phylogeny: advancing the molecular and morphological frontiers. *The Bryologist* 110:179-213.

Sharp, J.A., H. Crum y P. Eckel. 1994. *The moss flora of Mexico*. Vols. 1 y 2. New York Botanical Garden, Nueva York.

Shaw, A.J. y K.S. Renzaglia. 2004. Phylogeny and diversification of bryophytes. *American Journal of Botany* 91:1557-1581.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Aprovechamiento comercial de musgos

MARLENE GÓMEZ PERALTA

INTRODUCCIÓN

Los musgos, en los bosques templados, tienen un papel ecológico importante en la estructura de las comunidades vegetales y en el funcionamiento del ecosistema, esto se debe sobre todo a su alta capacidad de retención de agua que posteriormente liberan de forma lenta hacia el ambiente, por ello contribuyen a la retención de la humedad en el bosque y a la regulación de los cursos de agua, previniendo inundaciones y erosión (Hallingbäck y Hodgetts 2000).

En México, durante la época decembrina es común adornar los tradicionales nacimientos con algunos materiales colectados en los bosques, tales como musgos y heno. Esta práctica se realiza desde hace muchos años en varios sitios del país, y en general la mayoría de los aprovechamientos de este recurso son clandestinos, siendo la Ciudad de México el lugar en el que la marquesa Calderón de la Barca reportó por primera vez un nacimiento decembrino construido con musgo (Deutsch-Lechuga 1996).

De acuerdo con Zamora-Martínez *et al.* (s/a), en 1997 el musgo apareció en los registros de SEMARNAP como el tercer producto forestal no maderable de importancia en los ecosistemas templados, con una producción a nivel nacional de 313 t/año; mientras que para el periodo 2005-2006, el INEGI reportó la producción comercializada para los siguientes estados: Puebla (374 t), Estado de México (353.2 t), Tlaxcala (175 t), Hidalgo (38.5 t), San Luis Potosí (29 t), Veracruz (26.51 t) y Oaxaca (12.06 t).

En el estado, de acuerdo con la consulta de los anuarios estadísticos que tienen como fuente información de la SEMARNAT (delegación federal en Michoacán), sólo se encontró información respecto de los permisos otorgados y volumen de aprovechamiento forestal no maderable. En dicha consulta, el musgo aparece en 2003 con una tonelada (en el municipio de Zinapécuaro) y con 2 819 t en 2004, para los municipios de Tlalpujahua y Zinapécuaro. Para los años siguientes se encontró información para 2010 y 2011, aunque sólo se indican volúmenes para plantas en general, sin especificar el correspondiente a musgo (INEGI 2003, 2004, 2010, 2011).

El comercio de musgo en Michoacán se realiza a pequeña escala, en los mercados y tianguis de las principales ciudades (figura 1), y a gran escala en la Central de Abastos de Ciudad de México (obs. pers., Gómez-Peralta y Wolf 2001, Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004).

El aprovechamiento del musgo está regulado por la Norma Oficial NOM-011-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1996) y se incluye también en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana para el Aprovechamiento de los Recursos Forestales No Maderables (PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012; SEMARNAT 2012).

Los géneros de musgos que se explotan en el país son: *Campylopus*, *Hypnum*, *Leptodontium*, *Polytrichum* y *Thuidium* (Delgadillo-Moya y Cárdenas 1990); en particular se colectan cinco especies (cuadro 1; apéndice 21).

Se han documentado dos casos de aprovechamiento de musgos, uno para el oriente del estado (Gómez-Peralta 1998, Gómez-Peralta y Wolf 2001) y otro para el sur de Morelia (Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004). En ambos casos se trata de recolecciones clandestinas (sin autorización de las dependencias encargadas) y en bosques de propiedad privada y federal.

FIGURA 1. Venta de musgos en el mercado de Pátzcuaro. Foto: Vitalina Zamora Equihua.

Gómez-Peralta, M. 2019. Aprovechamiento comercial de musgos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 181-184.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Musgos que se colectan para su comercialización dentro y fuera del estado.

Especie	Nombre común	
	Oriente Michoacán	Sur de Morelia
Braunia sp.		Cáscara o flor de piedra
Bryum procerum	Pashle	Gusano
Hypnum amabile	Pashle	Plumilla
Mironia ehrenbergiana	Pashle	Gusano
Thuidium delicatulum var. *delicatulum*	Pashle	Palmilla

Fuente: elaboración propia con datos de Gómez-Peralta y Wolf 2001, Gómez-Peralta y Angón-Torres 2004.

APROVECHAMIENTO EN EL ORIENTE

Este aprovechamiento fue documentado en 1996 (Gómez-Peralta 1998, Gómez-Peralta y Wolf 2001) y realizado de noviembre a diciembre por un grupo de 10 a 15 personas, originarios del ejido La Mesa, municipio San José del Rincón (en el Estado de México), en los municipios de Angangueo, Ocampo, Senguio, Tlalpujahua (en Michoacán) e incluso en San Felipe del Progreso (Estado de México). Los sitios en Michoacán están ubicados en la provincia del Sistema Volcánico Transversal y presentaban matorral de ciprés (*Juniperus monticola*), bosque de oyamel (*Abies religiosa*) y bosque de oyamel-pino (*Abies religiosa-Pinus pseudostrobus*), en altitudes que van de los 3 180 a los 3 382 msnm, con pendientes de 3° a 27°. Se colectaron los musgos del suelo en manchones de 67.11 cm^2 en promedio, el porcentaje de extracción por sitio fue menor al 10% con respecto a una hectárea (figura 2).

El musgo es más cotizado si se incluye a la herbácea conocida como centavito u ombliguito (*Sibthorpia repens*), debido tal vez a que los compradores aprecian la presencia de otro elemento del bosque entre el musgo. Para expandirlo se acomoda en pacas (figuras 3 y 4) de 0.05m^3 y 7.84 kg (218.96 kg en promedio al día y 285.7 m^3 en promedio por temporada), que se transportan a la Central de Abastos de la Ciudad de México para su venta a un precio de seis pesos cada una (figura 5).

FIGURA 3. Niño cargando pacas de musgo en campo. Foto: Marlene Gómez Peralta.

FIGURA 2. Manchón de extracción de musgo. Foto: Zirahuén Ortega Varela.

FIGURA 4. Pacas de musgo después del aprovechamiento de un sitio. Foto: Marlene Gómez Peralta.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Puesto de musgo en la Central de Abastos de Ciudad de México. Foto: Zirahuén Ortega Varela.

APROVECHAMIENTO EN EL SUR DE MORELIA

Este aprovechamiento fue documentado por Gómez-Peralta y Angón-Torres (2004). La recolección se realiza en localidades del municipio de Morelia y Villa Madero (Sistema Volcánico Transversal), en bosques de pino (*Pinus*) y de pino-encino (*Pinus-Quercus*), con elementos del bosque mesófilo de montaña, en altitudes que van de los 1 865 a los 2 240 msnm y con pendientes desde los 6° a los 35°.

Se aprovechan cinco especies que crecen sobre el suelo y sobre rocas (cuadro 1). En esta actividad participan unas 30 familias, tanto de localidades del municipio de Morelia como de San Miguel y Jesús del Monte, y de caseríos cercanos a esas localidades, y consiste en retirar capas de musgo del suelo o rocas y colocarlas en mantas o costales. El volumen calculado por manta o costal es de 0.378 m^3. La actividad dura 20 días, entre los meses de noviembre y diciembre. Las familias que cuentan con transporte propio extraen de 20 a 25 costales al día, y las que no, extraen de dos a tres (figura 6). Los centros de comercialización son los mercados de Morelia (figura 7), en donde se entregan a los revendedores a un precio de 100 pesos el costal.

FIGURA 6. Costal con *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*. Foto: María del Pilar Angón-Torres.

FIGURA 7. Puesto de musgos en el mercado Independencia de Morelia. Foto: Marlene Gómez Peralta.

CONCLUSIONES

Es necesario tomar medidas legales para evitar la sobreexplotación de los bosques templados, debido a la importancia ecológica de los musgos que ahí se distribuyen. El primer paso es implementar y dar seguimiento a la vigilancia de los aprovechamientos por parte de las dependencias encargadas.

En este sentido es importante que se realice una revisión y modificación de la norma oficial que regula el aprovechamiento. Al respecto, en 2012 se participó, junto con investigadoras de distintas universidades y organizaciones civiles, en el envío de propuestas de manejo al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con motivo de la expedición del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012. En él se establecen los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las propuestas relacionadas con el aprovechamiento del musgo fueron:

- Incluir la regulación para todas las especies que se aprovechan en México, ya que la norma sólo habla de las especies del género *Polytrichum*
- Reducir las dimensiones y el porcentaje de extracción por sitio, cuando menos a la mitad, ya que los que propone la norma (dos metros de ancho como máximo y porcentaje de aprovechamiento por sitio de 50%) son excesivos
- Incluir en la prevención de impactos negativos: evitar llevarse, entre el musgo, semillas y plántulas de especies forestales
- Prohibir la extracción en pendientes mayores a 20°, ya que los suelos con esas pendientes son susceptibles a la erosión

Hasta la fecha no se ha publicado la norma propuesta para el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, por lo tanto, no se sabe si las sugerencias al proyecto, para el caso de los musgos, serán contempladas.

REFERENCIAS

Delgadillo-Moya, C. y M.A. Cárdenas.1990. *Manual de briofitas*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Deutsch-Lechuga, R. 1996. Los nacimientos navideños de México. *Guía México Desconocido* edición especial 3:30-39.

Gómez-Peralta, M. 1998. *Evaluación de la extracción comercial del musgo en la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca, sierra Chincua, Michoacán, México.* Tesis de maestría en biología. UMSNH, Michoacán.

Gómez-Peralta, M. y J.H.D. Wolf. 2001. Commercial bryophyte harvesting in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, sierra Chincua, Michoacán, México. *The Bryologist* 104:517–521.

Gómez-Peralta, M. y M. del P. Angón-Torres. 2004. *Recursos forestales no maderables aprovechados en Morelia.* SUMA/UMSNH/UACH, México.

Hallingbäck, T. y N. Hodgetts. 2000. *Mosses, liverworts, and hornworts. Status survey and conservation. Action plan for bryophytes.* IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group, Suiza y Reino Unido.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2003. Anuario Estadístico Michoacán de Ocampo. Permisos otorgados y volumen de aprovechamiento forestal no maderable. En: *<www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee05/.../c16_12.xls>,* última consulta: 21 de febrero de 2014.

——. 2004. Anuario Estadístico Michoacán de Ocampo. Permisos otorgados y volumen de aprovechamiento forestal no maderable. *<www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee05/.../c16_12.xls>,* última consulta: 5 de febrero de 2014.

——. 2010. Sistema para la consulta del Anuario Estadístico de Michoacán. Permisos otorgados y volumen de aprovechamiento forestal no maderable. En: *<www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/.../mich/c16_13.xls>,* última consulta: 5 de febrero de 2014.

——. 2011. Sistema para la consulta del Anuario Estadístico de Michoacán. Permisos otorgados y volumen de aprovechamiento forestal no maderable. En: *<www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/.../mich/c16_14.xls>,* última consulta: 21 febrero de 2014.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-011-SEMARNAT-1996. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de musgo, heno y doradilla. Publicado el 23 de abril de 2003 en el DOF. Última reforma publicada el 26 de junio de 1996.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012. Que establece los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables existentes en los ecosistemas forestales; bosques de clima templado frío, selvas y zonas áridas y semiáridas. Especificaciones técnicas. Publicado en el DOF. Última reforma publicada el 27 de junio de 2012.

Zamora-Martínez, M.C., E. Velasco Bautista y A. Arellano Rivas. (s/a). *Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables de clima templado y frío.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias/SEMARNAT, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Musgos y hepáticas como indicadores de calidad ambiental

MARLENE GÓMEZ PERALTA Y VIOLETA CORTÉS HERNÁNDEZ

Los musgos y hepáticas se encuentran entre los organismos vegetales más sensibles a los cambios en el ambiente, ya que debido a la carencia de un sistema vascular, obtienen los nutrimentos directo del sustrato o de la humedad ambiental; son perennes y de lento crecimiento (Govindapyari *et al.* 2010, Chakrabortty y Paraktar 2006).

Han sido utilizados como indicadores de tipos de bosques, ya que hay especies características de bosques viejos y de sitios conservados (Hallingbäck y Hodgetts 2000, Glime 2007).

En el suelo indican la presencia de minerales, condiciones de acidez, drenaje y altos niveles de nitrógeno, ya que participan en la fijación de ese elemento. En asociación con cianobacterias (Jun y Rozé 2005, Glime 2007) y por su carácter de colonizadores son útiles para el control de la erosión y para determinar los regímenes climáticos e hidrológicos históricos, eso se logra analizando la composición de las comunidades (Glime 2007). También son indicadores de contaminación atmosférica y de la calidad del agua, además de utilizarse en el tratamiento de residuos tóxicos en efluentes industriales (Gilbert 1968, Daly 1970, Genoni *et al.* 2000, Fernández y Carballeira 2001, Jun y Rozé 2005, Vukojević *et al.* 2006, Glime 2007, Dymytrova 2009, Govindapyari *et al.* 2010, Blagnyté y Paliulis 2010, Harmens 2010, Čučulović *et al.* 2011).

En México son pocos los trabajos al respecto, Árciga-Pedraza (2010) evaluó la depositación de nitrógeno atmosférico proveniente de la Ciudad de México en individuos de las especies *Leptodontium pungens* y *Braunia secunda*, y propone a esta última como indicador adecuado para detectar la contaminación atmosférica.

En la entidad sólo se han realizado dos estudios sobre la respuesta de musgos y hepáticas ante condiciones de antropización. En Morelia, Gómez-Peralta y Gómez-Reyes (2007) registraron síntomas de contaminación en líquenes y musgos que se desarrollan sobre las cortezas del arbolado, en función del tránsito vehicular y la presencia de industrias registrados en el área urbana y suburbana de la ciudad. En dicho estudio las especies *Fabronia ciliaris* var. *polycarpa* y *Bryum argenteum* fueron las más frecuentes y presentaron clorosis, es decir, blanqueo relacionado con contaminación atmosférica por dióxido de azufre (Gilbert 1968, Govindapyari *et al.* 2010) y desecación, sobre todo en las cercanías al cruce de vialidades e industrias. En la mayoría de los sitios de estudio se encontró una relación inversamente proporcional entre las frecuencias y coberturas registradas con el tránsito vehicular y la presencia de industrias.

Por su parte, Prado-Banda (2009) registró siete especies de musgos y una hepática (*Frullania* sp.) presentes en el arbolado de la ciudad. Los musgos, *Fabronia ciliaris* var. *polycarpa* y *Bryum argenteum,* registraron las mayores frecuencias y se propusieron como especies resistentes a condiciones de contaminación ambiental, el resto de las especies obtuvieron frecuencias muy bajas (en orden decreciente: *Frullania* sp., *Platygyriella pringlei, Leskea angustata, Bryum erythroloma*) y todas, con excepción de la hepática *Frullania* sp., mostraron clorosis.

Aunque en general ambos grupos han sido poco estudiados en México y en Michoacán, en otros países existen gran cantidad de trabajos teniendo en cuenta su uso como indicadores ambientales, sobre todo de contaminación atmosférica.

De las briofitas registradas para la entidad, de acuerdo con los listados correspondientes a estos grupos incluidos en esta obra, tres géneros y 14 especies de musgos, así como un género y una especie de hepática, han sido registrados en estudios realizados en otros países como indicadores ambientales (cuadro 1).

Por lo anterior, es de considerar la importancia de estos organismos como indicadores de calidad ambiental y es necesario profundizar en la investigación de estos grupos como sujetos de estudio para el monitoreo de los cambios en el ambiente, sobre todo en la contaminación atmosférica y el cambio climático, aspectos que hoy son relevantes.

Gómez-Peralta, M. y V. Cortés-Hernández. 2019. Musgos y hepáticas como indicadores de calidad ambiental. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 185-187.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Musgos y hepáticas presentes en la entidad que han sido utilizados como indicadores de calidad ambiental.

Grupo	Familia	Nombre científico	Uso como indicador	Referencias
Musgos	Anomodontaceae	*Herpetineuron toccoae**	Contaminación atmosférica: dióxido de azufre y lluvia ácida	Glime 2007
	Bryaceae	*Bryum argenteum*;***	Contaminación atmosférica: dióxido de azufre y lluvia ácida; metales pesados; radiación; fluoruros, por tránsito vehicular y presencia de industrias	Gilbert 1968, Daly 1970, Vukojević *et al.* 2006, Glime 2007, Gómez-Peralta y Gómez-Reyes 2007, Dymytrova 2009, Prado-Banda 2009, Govindapyari *et al.* 2010, Čučulović *et al.* 2011
		*Bryum capillare**	Contaminación atmosférica por metales pesados (cadmio, cobre y zinc) y de fluoruros	Gilbert 1968, Vukojević *et al.* 2006, Dymytrova 2009, Govindapyari *et al.* 2010
		*Bryum erythroloma***	Contaminación atmosférica	Prado-Banda 2009
	Dicranaceae	*Leucobryum* sp.*	Condiciones de pH en el suelo	Glime 2007
	Ditrichaceae	*Ceratodon purpureus**	Contaminación atmosférica: dióxido de azufre y metales pesados Indicador de condiciones del suelo: nitrógeno y pH	Gilbert 1968, Daly 1970, Jun y Rozé 2005, Glime 2007, Dymytrova 2009, Govindapyari *et al.* 2010
	Fabroniaceae	*Fabronia ciliaris* var. *polycarpa***	Contaminación atmosférica por tránsito vehicular y presencia de industrias	Gómez-Peralta y Gómez-Reyes 2007, Prado-Banda 2009
	Funariaceae	*Funaria hygrometrica**	Contaminación atmosférica: dióxido de azufre; metales pesados (cobre y zinc) De condiciones del suelo: nitrógeno y pH	Gilbert 1968, Daly 1970, Glime 2007, Jun y Rozé 2005, Govindapyari *et al.* 2010
	Grimmiaceae	*Grimmia pulvinata**	Contaminación atmosférica: dióxido de azufre y lluvia ácida; fluoruros	Gilbert 1968, Glime 2007, Dymytrova 2009, Govindapyari *et al.* 2010
		Racomitrium sp.*	Contaminación atmosférica por fluoruros	Glime 2007
	Hypnaceae	*Hypnum cupressiforme**	Contaminación por metales pesados (cadmio, cobre y zinc); dióxido de azufre; radiación y fluoruros	Gilbert 1968, Daly 1970, Genoni *et al.* 2000, Fernández y Carballeira 2001, Jun y Rozé 2005, Vukojević *et al.* 2006, Glime 2007, Dymytrova 2009, Blagnyté y Paliulis 2010, Govindapyari *et al.* 2010, Harmens 2010, Čučulović *et al.* 2011
		*Platygyriella pringlei***	Contaminación atmosférica	Prado-Banda 2009
	Hedwigiaceae	*Braunia secunda***	Contaminación atmosférica	Árciga-Pedraza 2010
	Leskeaceae	*Leskea angustata***	Contaminación atmosférica	Prado-Banda 2009
	Orthotrichaceae	*Zygodon viridissimus**	Contaminación atmosférica en general	Gilbert 1968
	Polytrichaceae	*Polytrichum* sp.*	Condiciones del suelo, hierro y pH	Glime 2007
		*Polytrichum juniperinum**	Condiciones de pH del agua	Jun y Rozé 2005
Hepáticas	Frullaniaceae	*Frullania* sp.***	Contaminación atmosférica	Prado-Banda 2009
	Marchantiaceae	*Marchantia polymorpha**	Contaminación atmosférica en general y de dióxido de azufre y lluvia ácida; metales pesados, plomo, cobre y zinc	Gilbert 1968, Glime 2007, Govindapyari *et al.* 2010

*En otros países, **en México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

REFERENCIAS

Árciga-Pedraza, A. 2010. *Evaluación del potencial bioindicador de la depositación de nitrógeno de dos musgos comunes en México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Blagnyté, R. y D. Paliulis. 2010. Research into heavy metals pollution of atmosphere applying moss as bioindicator: a literature review. *Environmental Research, Engineering and Management* 4:26-33.

Chakrabortty, S. y G.T. Paratkar. 2006. Biomonitoring of trace element air pollution using mosses. *Aerosol and Air Quality Research* 6:247-258.

Čučulović, A., R. Čučulović, T. Cvetić A. y D. Veselinović. 2011. Mosses as biomonitors for radioactivity following the Chernobyl accident. *Archives of Biological Science Belgrade* 63(4):1117-1125.

Daly, G.T. 1970. Bryophyte and lichen indicators of air pollution in Christchurch, New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Ecological Society* 17:70-79.

Dymytrova, L.V. 2009. Epyphytic lichens and bryophytes as indicators of air pollution in Kyiv city (Ukraine). *Folia Cryptogamica Estonica* 46:33-44.

Fernández, J.A. y A. Carballeira. 2001. Evaluation of contamination, by different elements, in terrestrial mosses. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 40:461-468.

Gilbert, O.L. 1968. Bryophytes as indicators of air pollution in the Tyne Valley. *New Phytologia* 67:15-30.

Genoni, P., V. Parco y A. Santagostino. 2000. Metal biomonitoring with mosses in the surroundings of an oil-fired power plant in Italy. *Chemosphere* 41:729-733.

Glime, J.M. 2007. Economic and ethnic uses of bryophytes. En: *Flora of North America.* Vol. 27. Editorial Committee (eds.), Nueva York y Oxford, pp. 14-41.

Gómez-Peralta, M. y V.M. Gómez-Reyes. 2007. Líquenes y musgos de Morelia relacionados con la calidad del aire. *Biológicas* 9:5-9.

Govindapyari, H., M. Leleeka, M. Nivedita y P.L. Uniyal. 2010. Bryophytes: indicators and monitoring agents of pollution. *NeBIO* 1(1):25-41.

Hallingbäck, T. y N. Hodgetts. (2000). Mosses, liverworts, and hornworts. Status survey and conservation. Action plan for bryophytes. IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group, Suiza y Reino Unido.

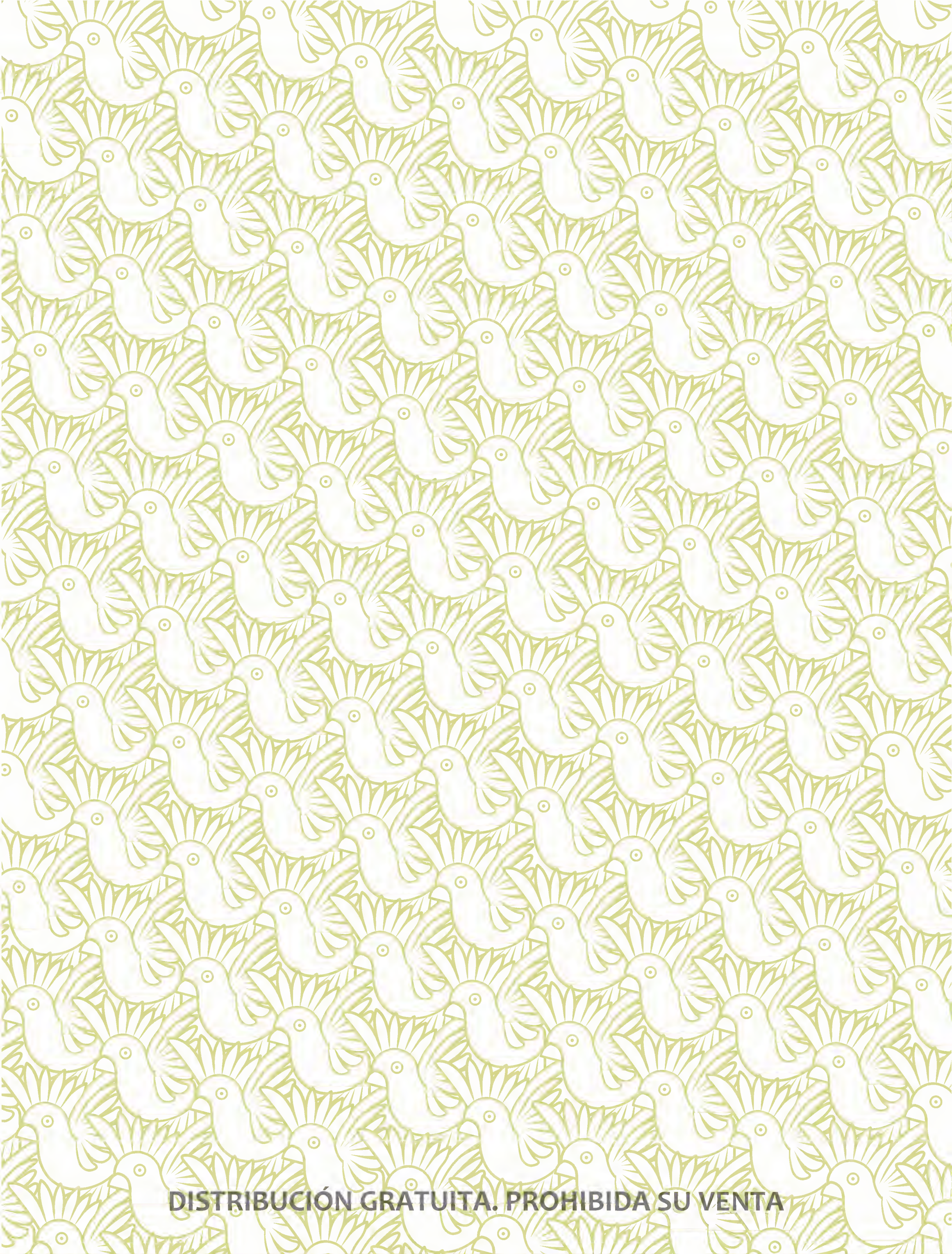
Harmens, H. 2010. Heavy metals in european mosses: monitoring manual 2010 survey. International cooperative programme on effects of air pollution on natural vegetation and crops. En: *<http://icpvegetation.ceh.ac.uk>,* última consulta: 10 de diciembre de 2012.

Jun, R. y F. Rozé. 2005. Monitoring bryophytes and lichens dynamics in sand dunes: example on the French Atlantic coast. En: *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005'. International conference on nature restoration practices in european coastal habitats.* J.L. Herrier, J. Mees, A. Salman *et al.* (eds.). The Flander Marine Institute (VLIZ), Bélgica, pp. 291-313.

Prado-Banda, E. 2009. *Los musgos de las plantaciones urbanas y suburbanas de Morelia y su relación con la calidad del aire.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Vukojević, V., M. Sabovljević, A. Sabovljević *et al.* 2006. Determination of heavy metal deposition in the county of Obrenovac (Serbia) using mosses as bioindicators II: Cadmium (Cd), Cobalt (Co) and Chromium (Cr). *Archives of Biological Science Belgrade* 58(2):95-104.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Antocerotes (Anthocerotophyta)

DENEB GARCÍA AVILA

Se ha estimado que esta división tuvo su origen hace 300 millones de años (Villarreal y Renner 2013). Los antocerotes son el grupo hermano de las plantas vasculares y es el menos diverso de los tres grupos de briofitas (Renzaglia *et al.* 2007).

Sus talos y esporofitos son diferentes a los de las hepáticas talosas. Tienen características distintivas: su gametofito es un talo que puede ser muy delgado, ligeramente esponjoso, liso o en forma de roseta. Las células del talo son muy grandes y normalmente sólo tienen un cloroplasto por célula. Algunos géneros presentan cavidades llenas de mucílago (sustancia espesa y viscosa) y pueden estar en asociación con bacterias del género *Nostoc*. Estas agrupaciones pueden distinguirse de manera fácil dado que se observan como puntos negros en el talo (Renzaglia *et al.* 2009).

Los anteridios se desarrollan en cámaras anteridiales sumergidas en el talo. El esporofito, al igual que en el resto de las briofitas, tiene tres partes principales: la porción basal o pie es la sección que une el esporofito con el gametofito, el involucro que rodea la base del esporofito, y la parte más conspicua es la cápsula (figura 1).

FIGURA 1. Gametofito y porciones visibles del esporofito (involucro y cápsula) de un antocerote. Foto: Deneb García-Avila.

García-Avila, D. 2019. Antocerotes (Anthocerotophyta). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 189-192.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Esporas y pseudoeláteres de un antocerote indicando la marca trilete de la espora, la ornamentación, así como las estructuras denominadas pseudoeláteres. Foto: Deneb García-Avila.

En el interior de la cápsula se encuentra una estructura denominada columella, alrededor de la cual se forman las esporas y otras estructuras alargadas (pseudoeláteres) compuestas de una a tres células (figura 2). El color de las esporas varía entre géneros: pueden ser negras, verdes, pardas o amarillas. Una característica distintiva de las esporas es la marca trilete (espora partida en tres) similar a un grano de polen y la ornamentación que presentan (figura 2). Para distinguir entre especies es necesario observar el color, la ornamentación de las esporas, así como la forma, número de células y color de los pseudoeláteres; una vez que las esporas están maduras y listas para dispersarse se abre la cápsula iniciando en la porción apical (Renzaglia *et al.* 2007, 2009).

DIVERSIDAD

Se estima que en el mundo la división Anthocerotophyta cuenta con 150 especies agrupadas en dos clases, tres subclases, cinco órdenes, cinco familias, tres subfamilias y 14 géneros. En el cuadro 1 se presenta la clasificación más reciente de la división Anthocerotophyta (Renzaglia *et al.* 2009).

Se desconoce el número preciso de especies de antocerotes presentes en México. Delgadillo-Moya y Juárez-Martínez (2012) reportaron nueve especies en el país. Los registros del Herbario Nacional de México (MEXU) de antocerotes en Michoacán indican la presencia de dos especies: *Anthoceros punctatus* y *Megaceros vincentianus* (también reportada como *Nothoceros vincentianus*; cuadro 2).

DISTRIBUCIÓN

Los antocerotes crecen, de preferencia, en sitios húmedos a muy húmedos, incluso pueden vivir sumergidos; también se desarrollan en suelo y en troncos en descomposición. Se pueden encontrar básicamente en todos los continentes, a excepción de zonas árticas. Suelen ser de las primeras plantas que se establecen en un sitio; algunos géneros se encuentran en abundancia en zonas perturbadas y de actividad agrícola (Vanderpoorten y Goffinet 2009).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Taxonomía actual de Antocerothophyta.

Clase	Subclase	Orden	Familia	Subfamilia	Géneros
Leiosporocerotopsida		Leiosporocerotales	Leiosporocerotaceae		*Leiosporoceros*
Anthocerotopsida	Anthocerotidae	Antocerotales	Anthocerotaceae		*Anthoceros*, Folioceros, Sphaerosporoceros*
	Notothylatidae	Notothyladales	Notothyladaceae	Notothyladoideae	*Nothotylas, Phaeoceros, Paraphymatoceros, Hattorioceros, Mesoceros*
	Dendrocerotidae	Phymatocerales	Phymatocerotaceae		*Phymatoceros*
		Dendrocerotales	Dendrocerotaceae	Dendrocerotoideae	*Dendroceros, Megaceros*, Nothoceros*
				Phaeomegacerotoideae	*Phaeomegaceros*

*Géneros registrados en el estado.
Fuente: elaboración propia con datos de Renzaglia *et al.* 2009.

CUADRO 2. Especies de antocerotes registradas en México y en Michoacán.

Especie	México	Michoacán	Autoridad/Año
Anthoceros punctatus	•	•	Linneo 1753
Megaceros vincentianus	•	•	(Lehm. & Lindenb.) Campb. 1907
Anthoceros laevis	•		Linneo 1753
Anthoceros orizabensis	•		(Stephani) Hässel 1990
Anthoceros pringlei	•		Stephani 1909
Notothylas breutelii	•		(Gottsche) Gottsche 1858
Phaeoceros carolinianus	•		(Michx.) Prosk. 1951
Phaeoceros halli	•		(Austin) Prosk. 1951
Phaeocerus laevis	•		(L.) Prosk. 1954

Fuente. elaboración propia con datos de las bases de datos de MEXU y NY.

En Michoacán se han realizado colectas sobre todo en el Sistema Volcánico Transversal. Algunos de los municipios muestreados son: Morelia, Tacámbaro, Queréndaro, Salvador Escalante, Hidalgo, Senguio, Indaparapeo y Madero.

Las dos especies reportadas hasta ahora para Michoacán fueron colectadas en Zitácuaro (*A. punctatus*) y en Nuevo Parangaricutiro (*M. vincentianus*), ambos municipios pertenecientes a la provincia fisiográfica ya mencionada.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Se desconoce qué especies habitan el estado y por lo tanto se carece de datos de distribución. En Michoacán, el estudio de los antocerotes es reciente y se desarrollan diferentes esfuerzos cuyo objetivo es conocer las especies presentes en el estado. Los resultados de esta tesis serán el primer aporte al estudio de los antocerotes en el estado, con datos precisos sobre la distribución de las mismas. A la fecha se calcula que podrían incorporarse

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

nuevos registros a los pocos ya conocidos para el estado y para el país.

AMENAZAS

La destrucción del hábitat es la principal amenaza para los antocerotes. Las poblaciones que habitan en zonas de cultivo se vuelven raras o ausentes justo después de la cosecha y además son severamente afectadas con la aplicación de fertilizantes (Vanderpoorten y Goffinet 2009). En México y en el estado se desconoce cuáles especies podrían estar en situación de peligro.

CONCLUSIONES

Se trata del grupo de briofitas menos estudiado. Actualmente se está realizando un trabajo que aportará información relevante sobre las especies existentes y datos de su ecología y distribución. Por el momento el Sistema Volcánico Transversal es la provincia más colectada; es importante explorar el resto de las provincias fisiográficas del estado, realizar un esfuerzo mayor de colecta y determinar las especies que habitan esos lugares.

REFERENCIAS

Delgadillo-Moya, C. y C. Juárez-Martínez. 2012. Biodiversidad de Anthocerotophyta y Marchantiophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S106-S109.

MEXU. Herbario Nacional. Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO). Instituto de Biología-UNAM. En: *<http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU,Herbario>,* última consulta: 8 de febrero de 2013.

MO. Missouri Botanical Garden. Electronic databases. En: *<http://www.tropicos.org/>* última consulta: 8 de agosto de 2014.

NY. The New York Botanical Garden. International Plant Science Center. The C.V. Starr Virtual Herbarium. En: *<http://sciweb.nybg.org/Science2/vii2.asp>,* última consulta: 13 de noviembre de 2012.

Renzaglia, K.S., S. Schuette, J.R. Duff *et al.* 2007. Bryophyte phylogeny: advancing the molecular and morphological frontiers. *The Bryologist* 110:179-213.

Renzaglia, K.S., J.C. Villarreal y J.R. Duff. 2009. New insights into morphology, anatomy, and systematics of hornworts. En: *Bryophyte biology.* B. Goffinet y A.J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 139-172.

Vanderpoorten, A. y B. Goffinet. 2009. *Introduction to bryophytes.* Cambridge University Press, Reino Unido.

Villarreal, J.C. y S.S. Renner. 2013. Hornwort pyrenoids, carbon-concentrating structures, evolved and were lost at least five times during the last 100 million years. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Section B (Biological Sciences)* 109:18873-18878.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Helechos y plantas afines (Pteridophyta)

PATRICIA SILVA SÁENZ

DESCRIPCIÓN

Las pteridofitas son un grupo de plantas vasculares que tienen un sistema de transporte interno constituido por xilema (células para el transporte del agua y sales minerales) y floema (transporte de la savia elaborada). Cuentan con un ciclo de reproducción donde morfológicamente pasan por dos generaciones. La primera es la esporofítica, en donde domina la reproducción asexual (mediante esporas, no por semillas). Prácticamente es la planta con raíces (aunque algunas pocas carecen de raíces), tallo (técnicamente llamado rizoma o tallo rastrero, que suele estar subterráneo con raíces adventicias que surgen de lugares poco habituales y cuya función es fijar al suelo con fuerza la porción aérea de la planta), y hojas. La segunda generación es la gametofítica, en la que se realiza la reproducción sexual de la planta (Cronquist 1986, Jones 1987, Scagel *et al.* 1987, Prada 2004, Sheffield 2008).

La epidermis (tejido más externo que cubre a la planta) está cubierta por una capa o cutícula cérea para evitar la pérdida de agua y presenta estomas (poros en el envés de la hoja), para el intercambio gaseoso y la transpiración (Prada 2004, Nabors *et al.* 2006).

Son plantas que se desarrollan en lugares húmedos, debido a que en la generación gametofítica se requiere siempre de la presencia de agua para que el anterozoide (gameto masculino) pueda llevar a cabo la fecundación de la ovocélula (gameto femenino), razón por la cual son muy vulnerables a los cambios en el ambiente, especialmente cuando estos implican desmonte o alteraciones en la estructura o cobertura de la comunidad donde habitan. En general, en épocas de sequía, la hoja de los helechos (fronda) se seca, mientras que el rizoma se mantiene vivo si hay humedad en el suelo.

Respecto a sus formas biológicas se les considera: terrestres (la mayoría), epífitas (plantas que crecen sobre otra planta) –en México existen entre 278 y 300 especies de este tipo (Espejo-Serna *et al.* 2013, Mendoza-Ruíz *et al.* 2013)–, epipétricas (que crecen sobre rocas), postradas, trepadoras, arborescentes, acuáticas o palustres (de lagunas o pantanos) y, semiacuáticas (incluyendo las de ambientes de manglar). Todas esas formas están asociadas a las condiciones de humedad (Prada 2004, Ceja *et al.* 2008, Mehltreter *et al.* 2010). Las pteridofitas se clasifican en tres divisiones de helechos o plantas afines[1] (Psilotophyta, Lycopodiophyta y Equisetophyta)

Silva-Sáenz, P. 2019. Helechos y plantas afines (Pteridophyta). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 193-201.

[1]Los helechos afines, o plantas afines, son un grupo primitivo de plantas vasculares; se dice son las primeras que invadieron el ambiente terrestre, que se reproducen por esporas y que se pueden ubicar en la escala evolutiva entre los musgos y las plantas con semillas. Han existido en el planeta desde el periodo devónico, hace 370 millones de años (Prada 2004, Nabors 2006).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Diversidad de helechos y plantas afines*. Fotos: Carlos Zavala Álvarez (a-c, f, g, i, o, r-t); Patricia Silva-Sáenz (d, e, h, j-n, p, q). *La relación de los nombres de las especies se incluye en el cuadro 1.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies de helechos y plantas afines reportadas para la entidad.

Figura	Nombre científico	Nombre común	Lugar de registro y descripción
1a	*Selaginella pallescens*	Doradilla, lentejilla, siempre viva o flor de piedra	Registrada en el ANP Cerro Punhuato, Morelia. En algunos lugares se usa (y comercializa) como ceremonial para la elaboración de nacimientos de Navidad
1b	*Astrolepis sinuata*		Parque Estatal Cerro Punhuato, Morelia. Se ha registrado en la entidad en diversos ambientes: matorral, encinar y bosque tropical caducifolio
1c	*Dennstaedtia distenta*		La Alberca, Toreo El Alto, Uruapan. Suele habitar en cañadas con bosque mesófilo de montaña y en bosque de galería
1d	*Pecluma alfredii*		En bosque de oyamel adyacente a la comunidad de San Gregorio, a 1 km de Opopeo. Es un helecho herbáceo perenne epífito registrado en diversos tipos de bosque
1e	*Pteris cretica*		En la cuenca del río Chiquito, Morelia, cerca de Ichaqueo. De hábito terrestre que se ha registrado al interior de bosque de pino-encino
1f	*Phlebodium areolatum*		Parque Estatal Cerro Punhuato, Morelia. Es una planta terrestre o saxícola (que vive sobre rocas)
1g	*Cheilanthes skinneri*		Parque Estatal Cerro Punhuato, Morelia. Herbácea terrestre o saxícola
1h	*Equisetum hyemale*	Cola de caballo	Población en la carretera Morelia-Ciudad Hidalgo, cerca de Temendao. Es una planta arbustiva con tallo articulado
1i	*Cheilanthes bonariensis*		Parque Estatal Cerro Punhuato, Morelia. Herbácea común que es resistente a la desecación, de amplia distribución en el país y que se reporta en 24 municipios del estado
1j	*Selaginella pallescens*		Ejemplares deshidratados, comercializándose para usarse con fines medicinales en Capácuaro, Uruapan
1k	*Equisetum hyemale*	Cola de caballo o *kutuxi*	Ejemplares secos vendiéndose para ser usados con fines medicinales en Pátzcuaro, Michoacán
1l	*Pleopeltis crassinervata*	Lengua de venado o *anio jajkuala*	En el bosque de la comunidad de Capácuaro, Uruapan. Vive generalmente sobre otras plantas
1m	*P. polylepis*	Lengua de venado	Hojas deshidratadas, comercializándose para usarse con fines medicinales en Pátzcuaro, Michoacán
1n	*Polypodium* sp.	Raíz de canaguala	Rizoma de ejemplares de este género (especie indeterminada), comercializándose para usarse con fines medicinales en Pátzcuaro
1o	*Pellaea ternifolia*		Indicadora de ambientes perturbados
1p 1q	*Pteridium aquilinum*	Petatillo, *kuruchen jakuala* o *tsirin*	Ejemplar cerca del Puerto Ortiz Rubio, km 25 carretera Morelia-Mil Cumbres. En el envés de la hoja (figura 1q) se muestra el pseudoindusio (o falso indusio) e indusio interno
1r	*Selaginella porphyrospora*		La Alberca, Toreo El Alto, Uruapan. Se incluye en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en peligro de extinción
1s	*Osmunda regalis*		La Alberca, Toreo El Alto, Uruapan. Habita de manera escasa en ambientes pantanosos o fangosos
1t	*Pellaea cordifolia*		Parque Estatal Cerro Punhuato, Morelia. Resiste habitar en zonas más o menos expuestas al sol

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y una con los helechos verdaderos (Polypodiophyta; Cronquist 1986). Sin embargo, en estudios recientes para establecer los orígenes y relaciones entre los grupos, basados en morfología comparada y datos moleculares, las plantas vasculares se separan en: Lycophytas, que incluyen a las pteridofitas más antiguas con hojas y con una sola nervadura (micrófilas) como los licopodios y doradillas (*Selaginella*) que son menos de 1% de las plantas vasculares vivientes (figuras 1a, h, j, k; cuadro 1); y las Euphyllophytas, que presentan hojas megáfilas (con más de una nervadura) o que las perdieron.

Las Euphyllophytas comprenden dos clados (conjunto de especies emparentadas): las Monilophytas, es decir, los helechos verdaderos (alrededor de nueve mil especies; figuras 1b-g, i, m-t) y al resto de los afines (incluyendo la llamada cola de caballo, del género *Equisetum*, figuras 1g, h); el otro grupo son las Espermatophytas, plantas con semilla que se cuentan en 260 mil especies (Smith *et al.* 2006, Imaichi 2008).

DIVERSIDAD DE ESPECIES

De acuerdo con Martínez-Salas y Ramos (2014), la pteridoflora mexicana está compuesta por cerca de 124 géneros que incluyen 1 024 especies y taxa infraespecíficos (que corresponde a 11% de la riqueza mundial estimada; Mickel y Smith 2004) lo cual representa 75% de los géneros reportados para América y 5% de las especies de plantas vasculares en el país (Lira y Riba 1993, Riba 1998).

Se reportan 186 endémicas de México (18.1% del total), de las cuales 38 se encuentran en Michoacán y no se distinguieron endémicas del estado. Para Michoacán existen 71 géneros (57.25% del total nacional), de los cuales los mejor representados son: *Asplenium* y *Elaphoglossum*, con más de 20 especies cada uno (cuadro 2), el resto de los géneros presentan de una a 15 especies (apéndices 22 y 23). En total se registran 27 familias, con 71 géneros y 331 pteridofitas diferentes (que incluyen 296 especies, 35 variedades, dos subespecies y tres híbridos), de las cuales 22 pertenecen a licofitas y 309 a monilofitas (apéndice 22).

DISTRIBUCIÓN

La mayor parte de las pteridofitas (entre 70 y 80%) se distribuyen en regiones intertropicales (Prada 2004), aproximadamente 85% se concentra en los trópicos y sólo 20% se localiza en las regiones templadas y frías de ambos hemisferios (Mehltreter 2008). En México, la mayoría de las especies se encuentran en zonas tropicales y el tipo de vegetación con mayor diversidad de este grupo de plantas es el bosque mesófilo, seguido de la selva perennifolia, el bosque de pino-encino, la selva caducifolia, los matorrales xerófilos y la vegetación acuática (Riba 1998, UAM 2009).

CUADRO 2. Géneros con mayor número de especies.

Género	Especies	Infraespecies	Total
Asplenium	23	3 variedades	25
Elaphoglossum	23	1 variedad	24
Polypodium	15	2 variedades	17
Selaginella	15		15
Pleopeltis	14	3 variedades	17
Adiantum	14		14
Thelypteris	13	7 variedades	19
Gaga	9		9
Myriopteris	9		9
Notholaena	8	1 variedad	9
Dryopteris	8		8
Pellaea	8	1 subespecie	8
Anemia	7	3 variedades	9
Blechnum	7		9*

*Se incluyen dos híbridos.
Fuente: Díaz y Palacios-Ríos 1992, Mickel y Smith 2004, CONABIO 2009, EBUM 2012, INECOL 2013, SNIB 2013.

Se han registrado especies de pteridofitas en los bosques de pino-encino, de *Abies*, mesófilo, tropical caducifolio, y en menor proporción en malpaís y matorral subtropical. Habitan principalmente en cañadas húmedas, terrenos inundados, laderas de cerros, sobre rocas, laderas rocosas y a orilla de arroyos, entre otros sitios (EBUM 2012, Instituto de Ecología, A.C. 2013).

De las provincias fisiográficas en las que se divide el estado, la mayor riqueza de especies se registró en el Sistema Volcánico Transversal, donde se han reportado 252 taxa (apéndice 22, cuadro 3).

CUADRO 3. Diversidad de pteridofitas por provincias fisiográficas.

Provincia fisiográfica	Especies
Llanura Costera	56
Sierra Madre del Sur	64
Depresión del Balsas-Tepalcatepec	102
Sistema Volcánico Transversal	252
Altiplanicie	178

Fuente: Díaz y Palacios-Ríos 1992, Mickel y Smith 2004, CONABIO 2009, EBUM 2012, Instituto de Ecología, A.C. 2013, SNIB 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En 36 municipios (31.8%) del estado no se reportan pteridofitas y en 77 se reportan entre una y 129 especies. Siete municipios tienen una especie registrada, nueve municipios con dos especies 27 municipios de tres a 15 especies. Los que presentan mayor número son: Morelia (129), Zinapécuaro (100) y Pátzcuaro (70; cuadro 4).

IMPORTANCIA

Los helechos y afines son importantes desde varios puntos de vista. Culturalmente, el uso más extendido es el de algunos géneros de helechos que son cultivados como ornamentales por la belleza de sus grandes hojas (*Asplenium*: nido de ave; *Adiantum*: culantrillo, *kulandrillu* o palmita; *Platycerium*: cuerno de alce; *Dryopteris filix-max:* helecho macho común o dentabrón, entre otros).

En cuanto al uso alimenticio, se aprovechan diversas especies y estructuras de las plantas. Por ejemplo, se utilizan para ensaladas las hojas tiernas de *Athyrium esculentum* y de *Alsophila ornata,* se consumen las estípulas[2] de *Marattia salicina* y *Angiopteris erecta*, las hojas y esporocarpos de *Marsilea drummondii,* las esporas de *Lycopodium clavatum,* el rizoma de *Dryopteris* sp., la parte central de los rizomas y troncos de varias especies de *Cyathea* son fuente de harina para pan, y como sustitutos de té se utilizan las hojas de *Dryopteris fragans*, *Pellaea ornithopus* y *P. mucronata*.

Algunas especies como *Selaginella pallescens* (figura 1j), *Equisetum* sp. (figura 1k), *Asplenium* sp., *Pleopeltis* sp. (figura 1l-m) y *Polypodium* sp. (figura 1n) tienen uso medicinal (cuadro 5).

Otros usos que se le dan a este grupo es en ceremonias navideñas (*Lycopodium* y *Selaginella*), para forraje (*Azolla*), para la construcción (*Acrostichum*) y para tinciones (*Sadleria, Sphenomeris, Lycopodium, Equisetum*; Muñiz *et al.* 2007).

Ecológicamente desempeñan un papel muy importante en la dinámica de las comunidades y ofrecen una gran variedad de nichos debido a su diversidad de formas de vida (Page 1979, Mehltreter 2008); proveen recursos que son aprovechados por diversos grupos de animales, como hormigas, artrópodos, anfibios y aves (Ceja *et al.* 2008); evitan la erosión en cortes y taludes (*Equisetum, Dicranopteris, Diplopterigium, Gleichenia*; Muñiz *et al.* 2007). Asimismo, se consideran buenos indicadores de factores ambientales, como agua y nutrientes disueltos en los suelos (Brodribb *et al.* 2009); y algunas especies (*Cheilanthes marginata, C. bonariensis, Pellaea ternifolia*) son consideradas indicadores de ambientes perturbados (figura 1o; Rodríguez *et al.* 2008); otras se consideran malezas (mala hierba o plantas indeseables), principalmente las que pertenecen a los géneros *Pteridium* (petatillo; figuras 1p-q) y *Lygodium* (Mehltreter *et al.* 2010).

Aquellas que se consideran malezas son altamente competitivas y tolerantes a plagas y enfermedades, incluso producen sustancias alelopáticas (compuestos bioquímicos que influyen en el crecimiento, supervivencia o reproducción de otros organismos; Pinzón *et al.* 1990), generando en ocasiones el desplazamiento de las especies nativas, la disminución de su productividad e incluso son portadoras de insectos dañinos o patógenos.

En las áreas formadas por erupciones volcánicas (pedregales o malpaís), que son inicialmente estériles, los helechos han sido ampliamente registrados entre los primeros colonizadores en muchas partes del mundo (Rzedowski 1954, Muñiz *et al.* 2007). Lo anterior se ha reportado en pedregales y en corrientes de lava del noroeste del estado (Labat 1995), así como en el municipio de Huaniqueo (Silva-Sáenz 1996), sitios correspondientes al Sistema Volcánico Transversal y la Altiplanicie, respectivamente.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, incluye 30 especies de pteridofitas en diferentes categorías de riesgo, y para Michoacán se reportan seis especies. En la categoría de peligro de extinción hay tres: *Selaginella porphyrospora* (registrada en 12 municipios y en todas las provincias fisiográficas, excepto en la Sierra Madre del Sur; figura 1r), *Cyathea costaricensis* (reportada para el municipio de Aquila) y *Nephrolepis cordifolia* (encontrada en el municipio de Morelia). Una especie, *Alsophila firma,* se cataloga como sujeta a protección especial y dos especies amenazadas: *Polypodium triseriale* y *Campyloneurum phyllitidis* (apéndice 22); *A. firma* y *P. triseriale* se hallaron sin datos sobre su distribución, aunque fueron citadas para la región centro y oriente, respectivamente (Villaseñor 2005). Cabe destacar que dichas especies se reportan con una distribución en áreas sin ningún esquema de conservación y protección (p.e. ANP); además, no debe descartarse una situación similar para otras especies en la entidad, por ejemplo, las de los géneros *Isoetes, Selaginella, Huperzia, Lycopodium, Lycopodiella, Hemionithis, Hemionanthes,*

[2]Cada uno de los apéndices, usualmente laminares, a menudo pronto caedizos, que por lo general se presentan en número de dos, formados a cada lado de la base foliar. Tienen variadas funciones (fotosíntesis, para trepar, glándulas) y pueden ser los restos de la envoltura que cubría la yema foliar antes de abrirse completamente. Tienen importancia en la taxonomía. En *Angiopteris* y *Marattia* suelen ser muy grandes y vistosas (Moreno 1987, Rzedowski 2005).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Municipios con especies de pteridofitas registradas.

Municipio	Especies
Morelia	129
Zinapécuaro	100
Pátzcuaro	70
Uruapan	59
Salvador Escalante	56
Hidalgo	55
Zitácuaro	52
Tancítaro	45
Erongarícuaro	43
Aquila	40
Nuevo Parangaricutiro	39
Contepec	34
Acuitzio, Ario, Huaniqueo y Zacapu	30 cada uno
Tzintzuntzan	29
Nahuatzen, Queréndaro y Los Reyes	27 cada uno
Cherán	26
Angangueo	25
Madero	24
Charo y Quiroga	23 cada uno
Coalcomán de Vázquez Pallares	21
Huiramba, Senguio y Tingambato	20 cada uno
Paracho	19
Coeneo, Epitacio Huerta, Lázaro Cárdenas y Tlalpujahua	16 cada uno
La Huacana	15
Ocampo	14
Chilchota y Jiménez	13 cada uno
Jiquilpan y Maravatío	11
Arteaga, Penjamillo, Tacámbaro y Tarímbaro	10 cada uno
Tuxpan	9
Charapan	8
Aguililla	7
Coahuayana, Cotija, Lagunillas, Nuevo Urecho y Ziracuaretiro	6 cada uno
Puruándiro y Tzitzio	5 cada uno
Zamora, Taretan, Huandacareo y Gabriel Zamora	4 cada uno
La Piedad, Jungapeo y Cuitzeo	3 cada uno
Tlazazalca, Tangancícuaro, Susupuato, Indaparapeo, Huetamo, Chucándiro, Buenavista, Aporo y Apatzingán	2 cada uno
Zináparo, Tumbascatío, Sahuayo, Cojumatlán de Régules, Múgica, Morelos y Chinicuila	1 cada uno

Fuente: Díaz y Palacios-Ríos 1992, Mickel y Smith 2004, CONABIO 2009, EBUM 2012, Instituto de Ecología, A.C. 2013, SNIB 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 5. Algunos géneros de pteridofitas con uso medicinal.

Género	Nombre común	Parte usada	Uso
Equisetum	Cola de caballo, *kutuxi*	Toda la planta o los ejes aéreos	Se le atribuyen propiedades diuréticas, para infecciones de los conductos urinarios y el mal de orín
Selaginella	Doradilla, siempre viva, lentejilla o flor de piedra	Toda la planta	Se emplea en infusión para curar enfermedades del riñón o del sistema urinario
Polypodium	Canaguala	Rizomas	Se comercializa para curar el dolor y ardor de cintura, espalda y piernas, para infección de pulmones y úlcera, para golpes internos; y para enfermedades de los riñones (mal de orín)
Pleopeltis	Lengua de venado, *anio jajkuala*	Hojas	Se le atribuyen diversas propiedades medicinales para curar colitis, artritis, desparasitante, acumulación de ácido úrico (enfermedad de gota), mala circulación y estreñimiento

Fuente: Silva-Sáenz 1996 y observación directa en mercados de las ciudades de Morelia y Pátzcuaro, de la comunidad de Cherán y de la localidad de Capácuaro, municipio de Uruapan.

Osmunda (figura 1s), *Botrychium, Ctenitis, Cheiloplecton, Anemia, Ophioglossum, Masillea, Azolla, Onocleopsis, Hypolepis, Lygodium* y *Pellaea* (figura 1t), debido al escaso conocimiento del grupo; por ello, es necesario investigar sus poblaciones para definir si también se incluyen en la norma de protección.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

La sobrevivencia de una especie depende de su capacidad de adaptación a diversos ambientes, incluyendo la posibilidad de reproducción. En este sentido, las pteridofitas están en desventaja con las demás plantas vasculares ya que carecen de una fase de vida latente, porque no producen semillas. Si bien la espora es el elemento de resistencia en su ciclo de vida, por lo menos en la gran mayoría de las especies, en el momento en que la espora germina deja de ser elemento de resistencia para convertirse en la fase más vulnerable del ciclo de vida de estas plantas (UAM 2009).

Si se toma en consideración que la hoja de un helecho de mediano tamaño puede formar y liberar varios millones de esporas, sorprende el hecho de que estos organismos no sean abundantes en los ecosistemas. Esto se debe sobre todo a que de entre las miles o millones de esporas generadas por una planta, sólo unas pocas formarán plantas adultas al cabo del tiempo (en algunos años o en unos cuantos casos en algunos meses), ya que no todas son viables o los sitios en los que se depositan no cuentan con las características ideales (luz, humedad) para su germinación. Aunado a lo anterior, las esporas que germinan son presa fácil de los depredadores.

También debe considerarse que la sobrevivencia de las especies está ligada a los daños que sufre su hábitat, tales como: cambio de uso del suelo (impulsado por la expansión de la frontera agropecuaria y urbana), deforestación, pérdida de vegetación, crecimiento demográfico, construcción de infraestructura (carreteras, redes eléctricas y represas), introducción de especies invasoras, incendios forestales, sobreexplotación de los recursos naturales, aprovechamiento ilegal y, más recientemente, cambio climático global, siendo este último (ahora y en el futuro) uno de los factores de presión más importantes para la persistencia de los ecosistemas y sus especies, incluyendo a las pteridofitas.

Se prevé que los efectos del cambio climático provocarán alteraciones en la distribución de muchas especies de plantas y animales, a una tasa que, en muchos casos, superará su capacidad de adaptación, lo que las llevará de forma irremediable a su extinción (SEMARNAT 2007). En este contexto las plantas deberán migrar de manera sincronizada con el cambio que se perfila y tener la suficiente plasticidad genética para sobrevivivir, evolucionar genéticamente o bien extinguirse (Huntley 1991, Jackson y Overpeck 2000, Jump y Peñuelas 2005).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Todas las acciones encaminadas a regular el cambio de uso del suelo, evitar la deforestación y la pérdida de la vegetación (principalmente en el bosque mesófilo de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

montaña, bosques de coníferas como *Juniperus*, *Abies* y bosque tropical caducifolio), evitarán la reducción del hábitat de este grupo de plantas.

Debido a las características y al escaso conocimiento del grupo en la entidad, es necesario generar y apoyar proyectos de investigación enfocados a fortalecer el conocimiento sobre la diversidad de especies, su estado de conservación, el papel ecológico que desempeñan y el uso actual y potencial, especialmente en los municipios en donde no hay reportes de su presencia.

Es importante estudiar también las áreas naturales protegidas en el estado e involucrar a los pobladores o a los propietarios cercanos a ellas para hacer un manejo adecuado, respaldado por acciones participativas.

Otro aspecto necesario es apoyar el desarrollo y establecimiento de bancos locales o regionales de propágulos (esporas) de los taxa más amenazados, o bien de interés económico especial, a fin de conservar el germoplasma en condiciones apropiadas y así preservar la biodiversidad y mantener una base genética amplia que se pueda utilizar en programas de mejora, haciendo un uso sustentable de las especies de interés económico.

VACÍOS EN LA INFORMACIÓN

Aunque se tienen avances significativos en el conocimiento de la pteridoflora mexicana,[3] éste es aún incompleto para el estado, ya que todavía no están documentadas ni conocidas todas las especies ni las zonas geográficas de la entidad, por lo que la contribución de la botánica mexicana a este tipo de estudios es muy reducida.

En la mayoría de los estudios florísticos en el estado las pteridofitas forman parte complementaria de este tipo de investigaciones y son pocos los trabajos enfocados específicamente al grupo de los helechos, como los estudios de Gómez y Arreguín (2004), Zavala (2006) y Suárez (2012). Asimismo, el personal especializado es escaso y más aún lo son los apoyos financieros y logísticos, por lo que se requiere alentar y apoyar la formación de especialistas en este grupo.

El desarrollo de las investigaciones en el campo de la pteridología debería girar en dos vertientes: a) en el campo de la taxonomía y la florística, realizando estudios tendientes al conocimiento de la biodiversidad, la conservación y el manejo de esos recursos naturales; y b) desarrollando investigaciones que abarquen diferentes aspectos, como morfogénesis, banco de esporas, anatomía, morfología, ecología y ecofisiología.

[3]Específicamente destaca la publicación de Mickel y Smith (2004), que representa un parteaguas en el conocimiento de las pteridofitas en México.

CONCLUSIONES

Las especies de helechos y afines participan en la provisión de microhábitats para otras especies y tienen diversos usos; sin embargo, el conocimiento de la riqueza estatal es aún incompleto. Para este grupo de organismos es necesario: a) ampliar el conocimiento existente con inventarios florísticos en regiones geográficas poco exploradas (Llanura Costera, Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas-Tepalcatepec), que permitan delinear medidas tendientes a su conservación y a su preservación; b) incorporar la información florística-pteridológica con nuevas tecnologías, como la de ligar bancos de datos a sistemas de información geográfica y ecológica, lo cual permitiría obtener y manejar información básica importante para cualquier estudio involucrado en la protección y el manejo de recursos; y c) proporcionar esta información en forma accesible al resto de la comunidad científica y a los responsables de tomar decisiones en materia de biodiversidad para facilitar la planeación de políticas sobre la conservación y el manejo de esos recursos vegetales.

REFERENCIAS

Brodribb, T., S. McAdam, G. Jordan y T. Feild. 2009. Evolution of stomatal responsiveness to CO_2 and optimization of water-use efficiency among land plants. *New Phytologist* 183:839-847.

Ceja Romero, J., A. Espejo Serna, A.R. López Ferrari *et al.* 2008. Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias* 91:35-41.

Christenhusz, M.J.M., X. Zhan y H. Schneider. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19:7-54.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Catálogo de autoridades taxonómicas de helechos y plantas afines (Pteridophyta) de México. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.* En: *<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/helechos/helechosCat.html>*última consulta: 26 de abril de 2018.

——. 2009. *Catálogo de pteridofitas*. En: *<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/helechos/helechos.html >*, última consulta: 26 de abril de 2018.

Cronquist, A. 1986. *Introducción a la botánica*. CECSA, México.

Díaz B., H. y M. Palacios-Ríos. 1992. *Listado preliminar de especies pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro. Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Instituto de Biología, A.C./Centro regional del Bajío, Michoacán.

EBUM. Herbario Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2012. *Base de datos del herbario de la facultad de biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.* UMNSH, Morelia.

Espejo-Serna, A., A. Mendoza-Ruiz, A.R. López-Ferrari *et al.* 2013. Catálogo de epífitas vasculares de México: avances y perspectivas. En: *Memorias del XIX Congreso Mexicano de Botánica.* Sociedad Botánica de México, A.C., Chiapas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gómez S., G. y M. de la L. Arreguín S. 2004. Clave genérica ilustrada para la identificación de pteridofitas de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* 17:45-69.

Imaichi, R. 2008. Meristem organization and organ diversity. En: *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. T.A. Ranker y C.H. Haufler (eds.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 75-103.

Instituto de Ecología, A.C. 2013. *Base de datos del herbario del Instituto de Ecología, A.C.* Pátzcuaro.

Huntley, B. 1991. How plants respond to climate change: migration rates, individualism and the consequences for plant communities. *Annals of Botany* 67:15-22.

Jackson, S.T. y J.T. Overpeck. 2000. Responses of plant populations and communities to environmental changes o the late Quaternary. *Paleobiology* 26:194-220.

Jones, S.B. 1987. *Sistemática vegetal*. McGraw-Hill/Interamericana, México.

Jump, A.S. y J. Peñuelas. 2005. Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology letters* 8:1010-1020.

Labat, J.N. 1995. *Végétation du nord-ouest du Michoacán (Mexique). Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario VIII. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

Lira, R. y R. Riba. 1993. Las pteridofitas (helechos y plantas afines) de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* (volumen especial) 44:99-108.

Martínez-Salas, E. y C.H. Ramos. 2014. Biodiversidad de Pteridophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:110-113.

Mehltreter, K., L.R. Walker y J.M. Sharpe. 2010. *Fern ecology*. Cambridge University Press, Nueva York.

Mehltreter, K. 2008. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. En: *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. T.A. Ranker y C.H. Haufler (eds.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 201-221

Mendoza-Ruiz, A., J. Ceja-Romero y B. Pérez-García. 2013. Catálogo de epífitas vasculares de México: avances y perspectivas. En: *Memorias del XIX Congreso Mexicano de Botánica*. Sociedad Botánica de México, A.C., Chiapas.

Mickel, J.T. y A.R. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of The New York Botanical Garden*. Vol. 88. The New York Botanical Garden, EUA.

Moreno, N.P. 1987. *Glosario botánico ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Veracruz.

Muñiz Díaz de León, M.E., A. Mendoza-Ruiz y B. Pérez-García. 2007. Usos de los helechos y plantas afines. *Etnobiología* 5:117-125.

Nabors, M.W., P. González Barreda, M. García Antón y J.C Moreno Sáiz. 2006. *Introducción a la botánica*. Pearson, España.

Page, C.N. 1979. The diversity of ferns: an ecological perspective. En: *The experimental biology of ferns*. A.F. Dyer (ed.). Academic Press, Londres, pp. 9-56.

Pinzón, B., P.J. Argel, R. Montenegro *et al.* 1990. Control químico del helecho (*Pteridium aquilinum* (L.) Kunth). En: *<http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Vol12_rev3_a%C3%B1o90_art9.pdf>*, última consulta: 28 de octubre de 2013.

Prada, C. 2004. Helechos. En: *Botánica*. J. Izco (ed.). McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, pp. 385-415.

Riba, R. 1998. Pteridofitas mexicanas: distribución y endemismo. En: *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. T.P. Ramammorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). UNAM, México, pp. 369-384.

Rodríguez Romero, L., L. Pacheco y J.A. Zavala Hurtado. 2008. Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista Biología Tropical* 56:641-656,

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8:59-129.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski *et al.* 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A.C./CONABIO, Michoacán.

Scagel, R.F., R.J. Bandoni, J.R. Maze *et al.* 1987. *El reino vegetal*. Omega, Barcelona.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. En: *<http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap_4_biodiversidad.pdf>*, última consulta: 28 de octubre de 2013.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sheffield, E. 2008. Alternation of generations. En: *Biology an evolution of ferns and lycophytes*. T.A. Ranker y C.H. Haufler (eds.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 49-74.

Silva-Sáenz, P. 1996. *Inventario de la flora vascular y de plantas útiles de los pedregales del municipio de Huaniqueo, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Smith, A.R., M.P. Kathleen, E. Schuettpelz *et al.* 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55:705-731.

Suárez S., L.N. 2012. *Pteridoflora de la microcuenca de Ichaqueo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

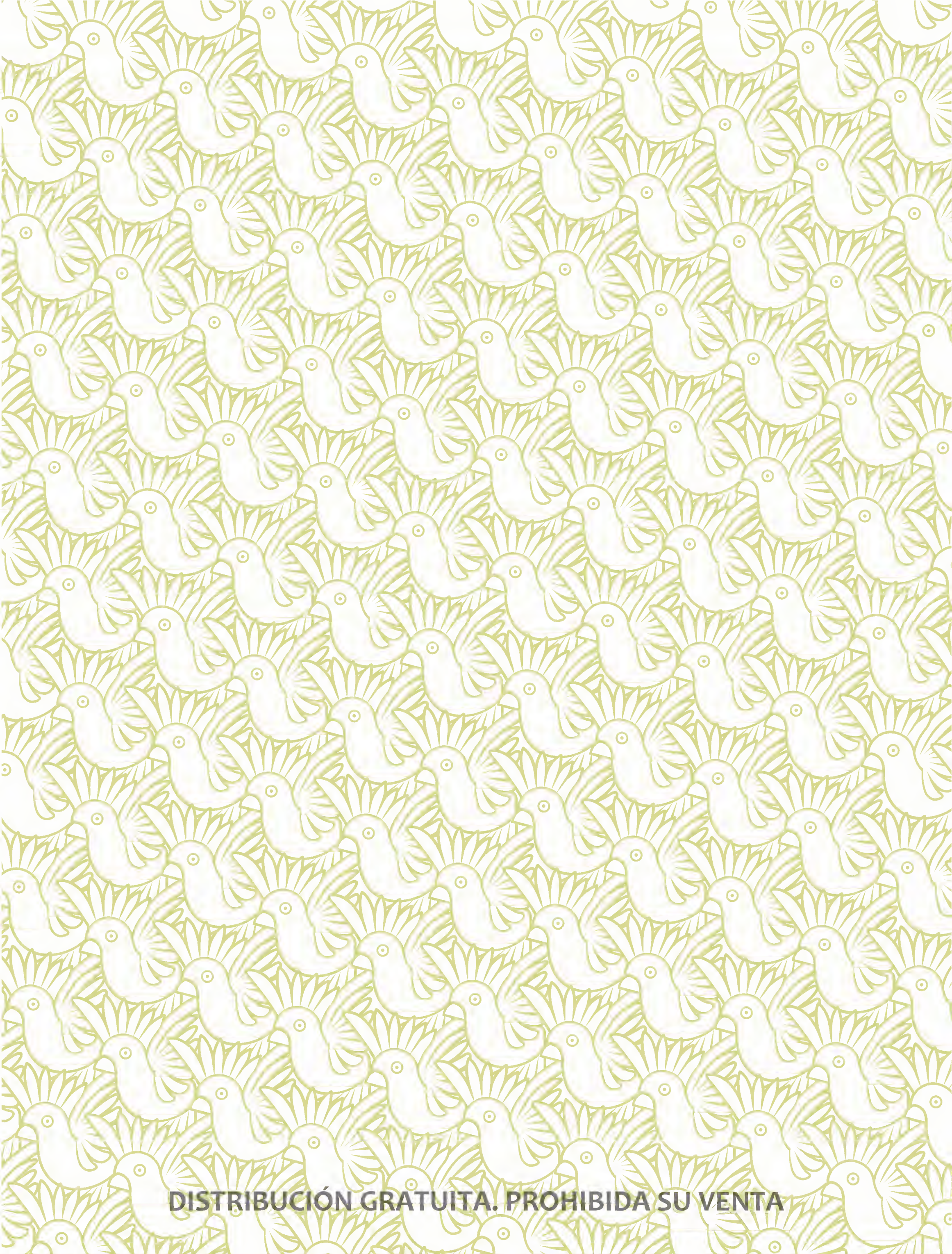
The Plant List. 2013. Versión 1.1. En: *<http://www.theplantlist.org/>*, última consulta: 5 de marzo de 2013.

UAM. Universidad Autónoma de México. 2009. En: *<http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/PTERIDOFITAS.html>*, última consulta: 17 de diciembre de 2012.

Villaseñor G., L.E. (ed.). 2005. *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. CONABIO/SUMA/UMSNH, Michoacán.

Zavala Á., C. 2006. *Pteridoflora del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio. Uruapan Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gimnospermas: ahuehuetes, pinos, cedros y cícadas

PATRICIA SILVA SÁENZ

DESCRIPCIÓN

Las gimnospermas (del griego *gimnos*: desnudo y *sperma*: semilla) junto con las angiospermas (plantas con flor) difieren de las otras plantas en la producción de semillas. Están diferenciadas porque sus óvulos y semillas jóvenes están expuestos al aire, y los granos de polen pueden ser transportados con facilidad, tanto por el viento como por polinizadores (Cronquist 1986, Madrigal-Sánchez y Chávez 1992, Izco 2004).

Como grupo presentan las siguientes características: 1) traqueidas;[1] 2) las flores están reducidas a sacos[2] que contienen los granos de polen,[3] y los óvulos[4] generalmente están dispuestos en estróbilos;[5] 3) la mayoría presentan canales resiníferos; 4) en su mayoría son árboles grandes de hoja perenne; 5) son plantas heterospóricas, es decir, que su ciclo de vida se caracteriza por producir dos tipos de esporas: las megasporas (femeninas)[6] y las microsporas (masculinas; Cronquist 1986, Madrigal-Sánchez y Chávez 1992, Stevenson 1992, Izco 2004).

A diferencia de otras plantas heterospóricas (como algunos helechos), la reproducción no depende del agua, ya que las partes femeninas de las plantas con semilla se encuentran de forma permanente sobre la planta y los granos de polen llegan transportados por el viento, y a veces por polinizadores, a los estróbilos femeninos para liberar los anterozoides y realizar la fecundación. El embrión (la nueva planta) empieza su crecimiento cuando aún se encuentra sobre la planta madre (el árbol). El óvulo fecundado y maduro es la semilla y se encuentra envuelto por capas protectoras llamadas tegumentos (Mertens y Stevenson 1983).

[1]Traqueida: tipo de pequeña y primitiva célula de conducción de agua y sales minerales, que se caracteriza por tener sus extremos cerrados; se ha propuesto que dieron origen a los elementos de vaso.
[2]Sacos de polen: llamados microsporangios u órganos productores de microsporas, o esporas masculinas.
[3]Granos de polen: llamados microsporas y dan origen a gametos masculinos.
[4]Óvulos: técnicamente se nombran megasporangios; son órganos productores de esporas grandes, megasporas o esporas femeninas.
[5]Estróbilo: es el cono o vulgarmente llamado "piña", es una estructura basada en un eje terminal, alrededor del cual se despliegan hojas reproductivas con una disposición generalmente helicoidal o espiralada.
[6]Megasporas: que dan origen a gametofitos femeninos.

Silva-Sáenz, P. 2019. Gimnospermas: ahuehuetes, pinos, cedros y cícadas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 203-223.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DIFERENCIAS FISONÓMICAS DE LOS GRUPOS

Tradicionalmente se había reconocido la presencia de cinco familias de gimnospermas en el estado: Zamiaceae (cícadas), Cupressaceae (cedros y enebros), Podocarpaceae (olivo o cedro prieto), Taxodiaceae (ahuehuete o sabino, aunque se incluye en Cupressaceae; Christenhusz *et al.* 2011) y Pinaceae (pinos). Las cícadas se reconocen por su similitud con las palmeras; es decir, tienen un tronco principal con hojas divididas. Los cedros, todavía conocidos como parte del género *Cupressus* (ahora *Callitropsis*; Gernandt y Pérez-de la Rosa 2014), y los enebros (*Juniperus*) se caracterizan por sus hojas pequeñas escamosas y adheridas estrechamente a las ramillas. En el género *Taxodium* (ahuehuete) los árboles presentan hojas lineares y cono globoso de menos de 3 cm de largo. Los olivos (*Podocarpus*) tienen hojas en forma de lanza (lanceoladas) y semillas solitarias no incluidas en un cono. En las pináceas hay gran variedad fisonómica en los diferentes géneros; por ejemplo, las especies del género *Pinus* (pinos) presentan hojas en forma de aguja (aciculares), mientras que *Abies* (pinabete) las tiene en forma linear; en ambos las hojas son iguales o mayores a 3 cm de longitud y presentan conos alargados de 3 cm o más (Madrigal-Sánchez 1982; figura 1).

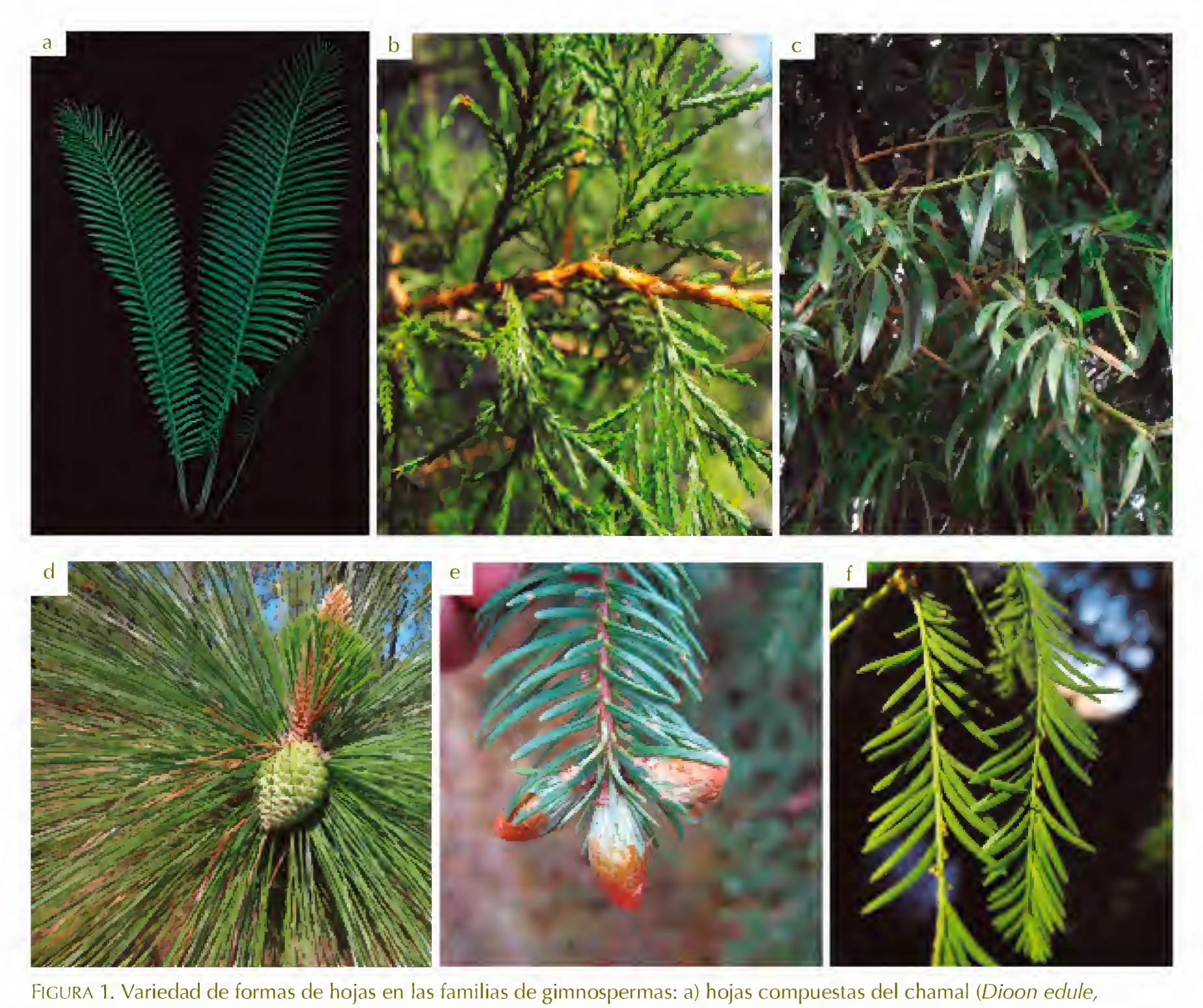


FIGURA 1. Variedad de formas de hojas en las familias de gimnospermas: a) hojas compuestas del chamal (*Dioon edule*, Zamiaceae); b) hojas escamosas del enebro (*Juniperus flaccida*, Cupressaceae) con conos femeninos, en Las Palmitas o Puerto La Cantera, municipio Tuxpan; c) hojas lanceoladas del olivo (*Podocarpus reichei*, Podocarpaceae), árbol del atrio de la iglesia de Tingambato del mismo municipio; d) hojas en forma de aguja (aciculares) de pino u ocote chino (*Pinus oocarpa*, Pinaceae), con un cono femenino inmaduro, bosque de pino en la localidad de San Ángel Zurumucapio, municipio de Ziracuaretiro; e) hojas lineares de oyamel (*Abies religiosa*, Pinaceae), bosque de oyamel cerca de Llano de La Papas, municipio de Angangueo; f) hojas lineares de ahuehuete (*Taxodium mucronatum*, Cupressaceae, de acuerdo con Gernandt y Pérez-de la Rosa 2014), bosque de galería, carretera Charo-Zurumbeneo, municipio de Charo. Fotos: Philip Jhon Brewster/Banco de Imágenes CONABIO (a); Patricia Silva-Sáenz (b, c, e, f); Dagoberto Valentín-Martínez (d).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DIVERSIDAD

En Michoacán se reportan cuatro familias, ocho géneros, 26 especies, 11 variedades y una forma[7] de gimnospermas nativas (apéndice 24). La familia Cupressaceae con tres géneros (*Callitropsis*, *Juniperus* y *Taxodium*), Pinaceae y Zamiaceae con dos géneros cada una; mientras que Podocarpaceae, sólo presenta un género. El más diverso es *Pinus* con 16 especies (apéndice 24, cuadro 1, figura 2). Además, se han registrado 23 especies e infraespecies introducidas: 13 nativas de México y 10 de otras partes del mundo (apéndice 25).

CUADRO 1. Diversidad de gimnospermas.

Familia	Géneros	Especies	Infraespecies
Cupressaceae	*Callitropsis* (*Cupressus*)	1	1 variedad
	Juniperus	3	5 variedades
	Taxodium	1	
Pinaceae	*Abies*	2	1 variedad
	Pinus	16	4 variedades y 1 forma
Podocarpaceae	*Podocarpus*	1	
Zamiaceae	*Dioon*	1	
	Zamia	1	

Fuente: Madrigal-Sánchez 1982, Rodríguez-Jiménez y Espinosa 1995, SNIB de CONABIO, herbario de la Facultad de Biología de la UMSNH (EBUM), herbario del Instituto de Ecología, A.C., herbario CIMI del CIIDIR-IPN, unidad Michoacán.

DISTRIBUCIÓN

En México, el área de distribución de las gimnospermas está comprendida en ambos lados del Trópico del Cáncer, entre 15 y 32° (Perry 1991) de latitud norte y coincide con las cadenas montañosas más importantes del país: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Cordillera Neovolcánica, Sierra Madre del Sur, sierra del norte de Oaxaca, macizo central de Chiapas, Sierra Madre de Chiapas, sierra de Juárez, sierra San Pedro Mártir y La Laguna, en la península de Baja California (Perry 1991, Madrigal-Sánchez 1997).

En la entidad este grupo de plantas se distribuye principalmente en la provincia del Sistema Volcánico Transversal (Perry 1991, Madrigal-Sánchez 1997, Madrigal-Sánchez *et al.* 2001), ahí se registra el mayor número de especies nativas (34 taxa reportados); mientras que la provincia que presenta menor número de taxa es la Llanura Costera, con sólo el registro del palmiche o palmilla (*Zamia loddigesii*, figura 3, cuadro 2). En el cuadro 3 se presenta información a detalle de la distribución de las especies de gimnospermas nativas en el estado.

CUADRO 2. Riqueza de gimnospermas por regiones fisiográficas.

Provincia fisiográfica	Especies
Llanura Costera	1
Sierra Madre del Sur	18
Depresión del Balsas-Tepalcatepec	23
Sistema Volcánico Transversal	34
Altiplanicie	20

Fuente: Madrigal-Sánchez 1982, Rodríguez-Jiménez y Espinosa 1995, SNIB de CONABIO, herbario de la Facultad de Biología de la UMSNH (EBUM), herbario del Instituto de Ecología, A.C., herbario CIMI del CIIDIR-IPN, unidad Michoacán.

IMPORTANCIA

Es reconocida la importancia ecológica, económica y social de las gimnospermas, ya que tienen diversos usos (cuadro 4). Los bosques de coníferas forman parte de la cobertura vegetal del estado, son hábitat y fuente de alimento para la fauna silvestre y a menudo son el componente dominante de la vegetación e influyen en los procesos funcionales del ecosistema, como en los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, en los regímenes de fuego y control de la erosión, entre otras funciones.

Ecológicamente ofrecen importantes servicios ambientales: contribuyen al mantenimiento de las condiciones climáticas locales y globales, en la conservación de la diversidad biológica, regulación y flujo del agua, suministro de agua potable, aporte de oxígeno, recreación, captura y almacenamiento de carbono y mantenimiento de la fertilidad del suelo (Ramírez-Herrera *et al.* 2005, Rey-Benayas *et al.* 2009, SEMARNAT 2012, Fernández-Pérez *et al.* 2013); económicamente son fundamentales en el desarrollo de actividades productivas.

[7]Forma: esta categoría infraespecífica se utiliza para reconocer y describir las variaciones esporádicas que ocurren en un solo carácter morfológico (p.e. el color, en alguna parte del individuo, no correlacionado con otras características de la planta, incluyendo distribución geográfica y ecológica); algunos sistemáticos modernos consideran estas variaciones menores de poco significado, pero otros tratamientos taxonómicos las usan (Jones 1988).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

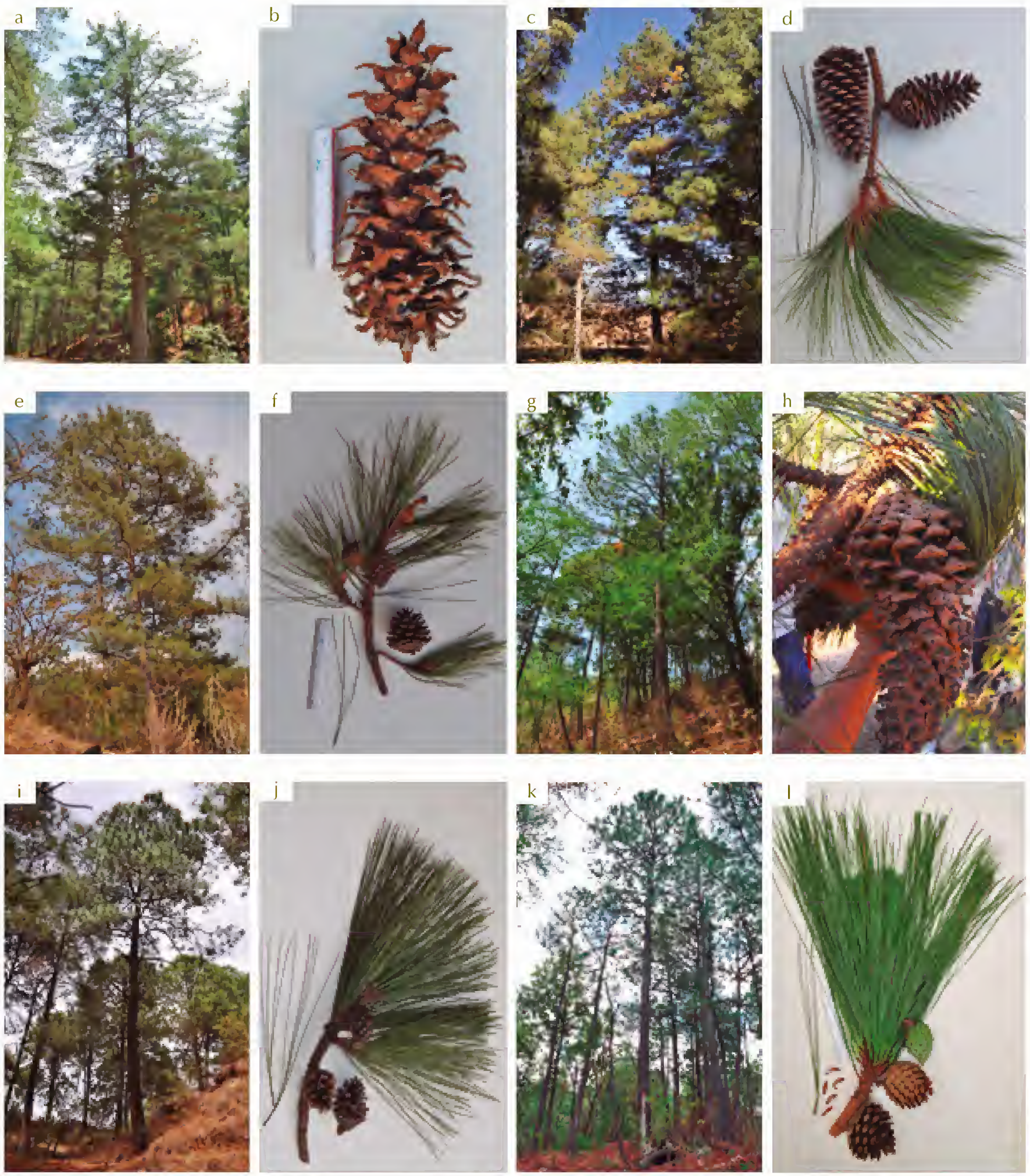


FIGURA 2. Algunas especies de pinos michoacanos: a) árbol del ayacahuite o acalocote (*Pinus ayacahuite*) en bosque de pino-encino de la cañada El Cinabrio, de La Providencia, municipio de Epitacio Huerta; b) cono femenino; c) ejemplar de pino lacio u ocote blanco (*P. montezumae*) en bosque de pino-encino de la localidad El Ranchito, ejido Potrerillos del municipio de Morelia; d) cono femenino de la misma localidad; e) árbol de pino apárikua u ortiguillo (*P. lawsonii*) en el bosque de pino-encino del ejido Túmbisca, municipio de Morelia; f) cono femenino; g) árbol del pino lacio (*Pinus devoniana*, sinónimo *P. michoacana*) en bosque de pino-encino en el rancho La Yerbabuena, municipio de Morelia; h) cono femenino del pino lacio (*Pinus devoniana*) en bosque de pino cerca de Túmbisca, municipio de Morelia; i) árbol del pino coyote u ocote (*P. durangensis,* sinónimo *P. martinezii*) en bosque de pino-encino en el rancho Huertitas, municipio de Morelia; j) cono femenino; k) árbol de pino trompillo u ocote chino (*P. oocarpa*) en bosque de pino-encino en el rancho La Yerbabuena, municipio de Morelia; l) cono femenino. Fotos: Xavier Madrigal-Sánchez (a-g, j-l); Patricia Silva-Sáenz (h, i).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. a) Hojas del palmiche (*Zamia loddigesii*), la planta puede medir hasta un metro de altura; b) conos femeninos de forma cilíndrica a ovoide, miden cerca de 11 cm de largo y 3.5 a 4.5 cm de diámetro. Fotos: Philip Jhon Brewster/Banco de Imágenes CONABIO.

Por el hecho de ser principalmente árboles, tienen un importante papel en el desarrollo de estudios biogeográficos y son un grupo indicador para la selección de áreas prioritarias de conservación (Rzedowski 1978, 1991, Wendt 1993, Ibarra-Manríquez *et al.* 2002, Santiago *et al.* 2002, Villaseñor 2003, Carranza 2005).

En México, la madera de *Pinus* spp. (el primer lugar en producción maderable) se destina para construcción de viviendas, escuadría,[8] celulósicos, papel, muebles, puertas, chapa,[9] triplay, postes, pilotes y morillos,[10] lambrín,[11] duela, parquet,[12] leña, carbón y durmientes, así como para la elaboración de juguetes, artesanías y en la industria del papel (Bermejo y Pontones 1994, Madrigal-Sánchez 1997, Madrigal-Sánchez *et al.* 2001, Sánchez-González 2008, SEMARNAT 2011).

Michoacán ocupó el tercer lugar en producción de madera en 2011, con 8.7% de la producción total del país (478 535 m^3, de los cuales 385 432 fueron de pino, 45 228 de oyamel y 3 304 de otras coníferas), y el primer lugar en producción de resina con 15 290 t, con las cuales aportó 90.2% del total nacional (SEMARNAT 2011). En la industria forestal la madera de coníferas de mayor importancia comercial, en México y en el estado (excepto *Picea* y *Pseudotsuga,* géneros que no se distribuyen de manera natural en Michoacán), proviene de especies pertenecientes a los géneros *Pinus, Abies* (figura 4), *Picea, Pseudotsuga, Callitropsis* (figura 5), *Juniperus* (figura 6) y *Taxodium* (figura 7).

[8]Escuadría: madera rolliza destinada a la producción de tablas y tablones, vigas, material de empaque y cuadrados para herramienta, principalmente.
[9]Chapa: lámina delgada de madera de dimensiones variables obtenida por el torneado o rebanado de la madera en rollo, que se utiliza para ser pegado con otro material.
[10]Postes, pilotes y morillos: maderas rollizas destinadas a soportar redes de cables y bases para cercas; soporte y travesaños en las estructuras de sostén y armazones de los ductos subterráneos de las minas y parte estructural de construcciones.
[11]Lambrín: madera de ensamble que se une por medio de juntas y ranuras, se utiliza generalmente para recubrimientos de muros interiores y exteriores.

[12]Parquet: productos que tengan (antes de su colocación) una capa superior de madera maciza de al menos 2.5 mm.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Distribución de las especies de gimnospermas.

Especies	Nombres comunes	Distribución
Callitropsis (*Cupressus*) *lusitanica*	Cedro, cedro blanco (Zamudio y Carranza 1994)	En Michoacán es abundante, aunque no cubre grandes extensiones. Se distribuye en la parte oriental del Sistema Volcánico Transversal, en los municipios de Angangueo y Tlalpujahua, en los límites del Estado de México, donde es frecuente que forme agrupaciones puras. Se le encuentra también en asociación con *Pinus pseudostrobus, P. montezumae* y *Abies religiosa,* en altitudes aproximadas de 1 859 a 1 950 msnm (según Zamudio y Carranza 1994, 1 400-3 500 msnm), sobre todo en las cañadas más o menos húmedas, con bosque mesófilo de montaña o bosque de pino-encino. También se le encuentra en la Sierra Madre del Sur y de manera escasa en Dos Aguas, en la parte noroeste de la sierra de Coalcomán (Madrigal-Sánchez 1982, Madrigal-Sánchez 1997)
Juniperus deppeana	Cedro negro, cedro prieto, sabino (Zamudio y Carranza 1994), tázcate (Madrigal-Sánchez 2014)	*Juniperus deppeana* se distribuye en el Sistema Volcánico Transversal y en la Sierra Madre del Sur, además de la región de Tuxpan y Zitácuaro (Madrigal-Sánchez 1997). Madrigal-Sánchez (1982) reporta a *J. flaccida* como relativamente abundante en la parte oriental del Sistema Volcánico Transversal (apéndice 24), cerca de los límites con el Estado de México y también se encuentra en la sierra de Coalcomán, en ambas regiones en altitudes aproximadas de 1 950 a 2 700 msnm, formando pequeñas agrupaciones puras o asociaciones con *Pinus douglasiana, P. pseudostrobus, Quercus rugosa*, y en el Sistema Volcánico Transversal con *P. lawsonii*; en el municipio de Tlalpujahua en altitudes de ± 2 700 msnm, como componente del bosque de *Quercus rugosa* o en pequeñas comunidades puras. Para la zona del Bajío Zamudio y Carranza (1994) reportan *J. deppeana* var. *deppeana* en varios sitios del municipio de Tlalpujahua
J. monticola	Cedro, sabino, sabino de castillo (Earl 2013)	*J. monticola* tiene una distribución más restringida, localizándose en algunas de las elevaciones mayores del este y oeste del Sistema Volcánico Transversal (apéndice 24), entre 3 000 y 3 500 msnm, aproximadamente (Madrigal-Sánchez 1982). Forma agrupaciones más o menos densas en las cercanías de Angangueo y en el pico de Tancítaro (Madrigal-Sánchez 1997); Zamudio y Carranza (1994) mencionan que *Juniperus monticola* f. *monticola*, sólo se ha encontrado en el extremo nororiental de Michoacán y en algunos de los cerros más altos de otras partes del Sistema Volcánico Transversal, en pastizales y sitios abiertos y soleados, sobre terrenos pobres, entre el bosque de *Abies religiosa* o de *Pinus rudis*, llega a formar bosquetes muy densos y cerrados de poca extensión en altitudes de 2 850 a 3 200 msnm. Esta especie, en la región de la Altiplanicie de la entidad no presenta problemas de sobrevivencia
J. flaccida var. *flaccida*	Cedro, cedro blanco, enebro (Zamudio y Carranza 1994, Guridi 1980)	*Al igual que Juniperus deppeana, J. flaccida* se distribuye en el Sistema Volcánico Transversal y en la Sierra Madre del Sur, además de en la región de Tuxpan y Zitácuaro (Madrigal-Sánchez 1997). La variedad *flaccida* se considera de amplia distribución en la Altiplanicie y sin problemas de sobrevivencia (Zamudio y Carranza 1994)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especies	Nombres comunes	Distribución
Abies religiosa	Oyamel, tocumbo, pinabete (Guridi 1980)	Esta especie es muy sensible a las condiciones de altitud y no se adapta muy bien a niveles más bajos de 2 000 a 2 100 msnm. Se encuentra en terrenos húmedos, en las montañas o en las barrancas (Martínez 1953). En la entidad *A. religiosa* forma generalmente masas puras, en altitudes de 2 400 a 3 500 msnm, donde la humedad es alta todo el año, otras veces está asociado a *Pinus pseudostrobus, Quercus laurina* o *Cupressus lusitanica* y especies del bosque mesófilo de montaña. Su principal área de distribución se localiza en el Sistema Volcánico Transversal y en la Sierra Madre del Sur, ya que en la sierra de Coalcomán ocupa pequeñas superficies en la parte noroeste. Los bosques más extensos se ubican al oriente del estado. La variedad *A. religiosa emarginata* (reportadas por Farjon (1998 en Earle 2013) y en SNIB como *A. guatemalensis*) se distribuye en altitudes de 2 150 a 3 100 msnm; las poblaciones más extensas conocidas son las de Mil Cumbres, en el oriente del Sistema Volcánico Transversal, en el centro en la región de Villa Madero y en la base del cerro Tancítaro por el lado sureste y en el noroeste de la sierra de Coalcomán (Madrigal-Sánchez 1982, 1997) Martínez (1953) ubicó a *Abies guatemalensis* en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero; la variedad *jaliscana* la cita en lugares húmedos, asociado a *Quercus* y *Arbutus*, en el estado de Jalisco. *A. guatemalensis* se reporta en la base de datos del SNIB en los municipios de Coalcomán de Vázquez Pallares (Dos Aguas), Hidalgo (Puerto Mil Cumbres, 30 km al oeste de Ciudad Hidalgo) y Tacámbaro (al sureste de Yuricostio); la variedad *jaliscana* (oyamel de Jalisco) se registró en los municipios de Hidalgo, Madero, Morelia, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Coalcomán, Queréndaro, Indaparapeo y Tancítaro. Ver observaciones de la taxonomía en apéndice 24
Pinus ayacahuite	Ayacahuite, *zizigüiri* (Madrigal-Sánchez 2013-2014), acalocote, ocote gretado, pinabete, pino gretado, pino tabla (Farjon *et al.* 1997)	La variedad *veitchii* se localiza en pequeñas poblaciones en la parte oeste del Sistema Volcánico Transversal, en cañadas húmedas y partes bajas de algunas elevaciones, en altitudes aproximadas de 2 100 a 2 300 msnm (Madrigal-Sánchez 1982, Madrigal-Sánchez 1997). Rara vez forma masas puras; generalmente se asocia con *P. pseudostrobus, P. douglasiana* y *P. leiophylla* (Madrigal-Sánchez 1982)
Pinus devoniana (sin. *P. michoacana*)	Pino michoacana (Madrigal-Sánchez 2013-2014), pino lacio (Guridi 1980), pino blanco, pino prieto (Farjón *et al.* 1997)	Madrigal-Sánchez (1982) cita que *P. michoacana* var. *cornuta* se localiza en el Sistema Volcánico Transversal y al norte de la sierra de Coalcomán, en altitud entre 1 500 a 2 400 msnm y formando masas puras y mezcladas con una o más especies de *Pinus oocarpa, P. douglasiana, P. leiophylla, P. herrerae y P. pseudostrobus*; también es común que se asocie con *Quercus rugosa, Q. castanea* y *Q. obtusata*. Indica que es más amplia su distribución que la variedad *montezumae* y la forma *procera*. La variedad *montezumae* se ubica al oeste del Sistema Volcánico Transversal y al norte de la sierra de Coalcomán, entre 1 000 y 2 500 msnm de altitud y rara vez forma masas puras; se asocia con *P. oocarpa, P. lawsonii, P. pringlei, P. leiophylla, P. pseudostrobus, P. montezumae*, además de *Quercus candicans, Q. laurina, Q. rugosa, Q crassipes* y *Q. obtusata*. La forma *procera* crece de forma aislada en bosque de pino-encino en el Sistema Volcánico Transversal, entre 1 200 y 1 800 msnm de altitud asociada a *P. oocarpa, P. douglasiana, P. lawsonii* y *P. devoniana*, y en altitud menor se asocia con *Quercus glaucoides* y *Q. resinosa*, y en áreas transicionales con selva baja caducifolia

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especies	Nombres comunes	Distribución
P. douglasiana	Pino cantzimbo (Guridi 1980), ocote, pinabete, pino blanco, pino hayarín, pino real (Farjón *et al.* 1997)	De amplia distribución en el Sistema Volcánico Transversal y al norte de la sierra de Coalcomán, forman bosques extensos en altitudes entre 1 400 y 2 250 msnm, aunque con frecuencia se encuentra en asociación con una o más especies de *Pinus*, como *P. oocarpa, P. lawsonii, P. maximinoi, P. devoniana, P. herrerae, P. pringlei, P. montezumae, P. pseudostrobus, P. leiophylla* y *Quercus* spp. (Madrigal-Sánchez 1982)
P. durangensis (sin. *P. martinezii*)	Pino coyote (Madrigal-Sánchez 2013-2014), ocote, pino lacio, pino real (Farjón *et al.* 1997)	Madrigal-Sánchez (1982), quien cita a la especie como *P. martinezii,* dice que la localizó sólo en el Sistema Volcánico Transversal, con abundante afloramiento de rocas basálticas, formando asociaciones con *P. montezumae, P. teocote, P. leiophylla, Q. crassifolia, Q crassipes* y *Q. rugosa*. En esta región las mayores superficies que ocupa se localizan en la sierra de San Andrés, sierra de Mil Cumbres y sierra de Acuitzio, siendo más frecuentes en pendientes entre 20-30%, invariablemente en terreno ondulado y no registrándose en cañadas o lugares bajos, en altitud entre 1 950 a 2 950 msnm (Silva 2005)
P. hartwegii (sin. *P. rudis*)	Ocote, pino (Farjón *et al.* 1997)	Madrigal-Sánchez (1982), cita a la especie como *P. rudis,* dice que se restringe a la parte más alta de las elevaciones principales de la parte occidental del Sistema Volcánico Transversal, en altitudes de 3 000 a 3 700 msnm, aproximadamente. Menciona que hacia el límite altitudinal inferior constituye asociaciones mixtas con *Pinus montezumae*, sin presencia de encinos en dicha altitud
P. herrerae	Ocote, pino chino (Farjón *et al.* 1997)	Se conoce de la parte noroccidental de la sierra de Coalcomán, entre 2 000 y 2 300 msnm constituyendo bosques densos o masas puras o mezcladas con *P. devoniana* (sin. *P. michoacana*), *P. douglasiana, P. oocarpa* y *Quercus* spp. (Madrigal-Sánchez 1982)
P. lawsonii	Pino apárikua (Madrigal-Sánchez 2013-2014), pino ortiguillo (Guridi 1980), ocote, pino chino (Farjón *et al.* 1997)	Está representada casi exclusivamente en el Sistema Volcánico Transversal, en donde se encuentra abundante en toda su extensión. En la sierra de Coalcomán se localiza sólo en la porción noreste. Forma masas puras o en asociación con una o más de las especies *P. oocarpa, P. douglasiana, P. pringlei, P. teocote, P. devoniana, P. pseudostrobus, P. leiophylla, Quercus resinosa* y *Q. obtusata*, entre 1 500 y 2 450 msnm (Madrigal-Sánchez 1982)
P. leiophylla	Pino chino (Guridi 1980), ocote, pino prieto (Farjón *et al.* 1997)	Tiene amplia distribución en el Sistema Volcánico Transversal, entre 1 500 y 2 600 msnm de altitud, quizá debido a su adaptación a agentes de perturbación del bosque, principalmente a incendios frecuentes. Suele asociarse con la mayoría de las especies de *Pinus* del estado, como: *Pinus devoniana, P. herrerae, P. pseudostrobus, P. lawsonii, P. douglasiana* y *P. montezumae*, además de *Quercus crassipes* y *Q. rugosa*
P. maximinoi (sin. *P. tenuifolia*)	Ocote, pino canís (Farjón *et al.* 1997)	En todo el Sistema Volcánico Transversal y parte norte de la sierra de Coalcomán, sin formar grandes bosques y en poblaciones relativamente aisladas, entre 1 500 y 2 250 msnm. Se asocia con frecuencia con *P. pringlei* y *P. oocarpa*. Generalmente forma masas puras, en las cañadas y lugares protegidos más o menos húmedos (Madrigal-Sánchez 1982)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especies	Nombres comunes	Distribución
P. montezumae	Pino lacio (Madrigal-Sánchez 2013-2014), ocote, ocote blanco, pino de Montezuma, pino real (Farjón *et al.* 1997)	En el Sistema Volcánico Transversal, principamente al oeste, en altitudes aproximadas entre 2 000 y 3 000 msnm, formando masas puras o en asociación con *Pinus devoniana, P. lawsonii, P. douglasiana, P. hartwegii, P. pseudostrobus, P. leiophylla* y *P. teocote*. También son frecuentes *Quercus crassifolia, Q rugosa* y *Q. obtusata*, asociadas con esta especie (Madrigal-Sánchez 1982)
P. oocarpa	Pino trompillo (Madrigal-Sánchez 2013-2014), ocote chino, pino chino, pino colorado, pino prieto, pino tepo (Farjón *et al.* 1997)	Es de las especies consideradas como subtropicales por encontrarse con frecuencia en ecotono con la vegetación tropical de angiospermas en altitudes de 700 a 2 000 msnm, parece ser una especie bien adaptada a los incendios frecuentes, a las fuertes sequías periódicas y a los terrenos degradados (Madrigal-Sánchez 1997, Madrigal-Sánchez 1982). Forma masas puras, aunque frecuentemente se asocia con *Pinus lawsonii, P. pringlei, P. leiophylla, P. douglasiana, P. devoniana*, y entre los encinos: *Quercus resinosa, Q. scitophylla, Q. magnoliifolia* y *Q. elliptica*. Se localiza en el centro-oriente del Sistema Volcánico Transversal y en la parte noreste y sur de la sierra de Coalcomán, formando extensos bosques (Madrigal-Sánchez 1982)
P. pringlei	Ocote, pino, pino rojo (Farjón *et al.* 1997)	Se halla distribuida sólo en el Sistema Volcánico Transversal, sobre todo en la parte central (Madrigal-Sánchez 1982). Es también una especie de zonas transicionales con zonas tropicales (Madrigal-Sánchez 1997). Se encuentra en hábitats similares a los de *P. oocarpa*. Forma masas puras de considerable extensión y otras ocasiones está asociado a una o más especies de *Pinus* o *Quercus*, como *P. lawsonii, P. oocarpa, P. devoniana* (sin. *P. michoacana*), *P. douglasiana, P. pseudostrobus, P. maximinoi, Q. resinosa, Q conspersa, Q. obtusata, Q. castanea* (Madrigal-Sánchez 1982)
P. pseudostrobus	Pino blanco, pino chamaite, pino lacio, pino liso (Farjón *et al.* 1997)	Principalmente en el centro-oriente del Sistema Volcánico Transversal y al noroeste de la sierra de Coalcomán, en altitud entre 2 000 y 2 800 msnm. Está en masas puras o se asocia con *Pinus montezumae, P. maximinoi, P. lawsonii, P. devoniana, P. pringlei, P. douglasiana, P. leiophylla, Quercus laurina, Q. rugosa* y *Q. candicans*. La forma *protuberans* está en la parte central del Sistema Volcánico Transversal, en localidades restringidas, entre 2 200 y 2 600 msnm de altitud y asociándose con *P. pseudostrobus, P. devoniana, P. montezumae, P. leiophylla, Cupressus lusitanica, Quercus crassipes* y *Q. laurina* (Madrigal-Sánchez 1982)
P. rzedowskii	Ocote, pino (Farjon *et al.* 1997)	Solamente se ha registrado en unas pocas localidades fragmentadas, relativamente cercanas entre sí, en la porción noroeste de la sierra de Coalcomán (en un área de aproximadamente 1.6 millones de hectáreas), en altitudes de 2 000 a 2 400 msnm, en terrenos con abundante roca caliza, forma masas puras en asociación con *Clusia salvinii*. También puede tener elementos en el ecotono correpondiente a bosque de pino-encino y al bosque mesófilo de montaña (Madrigal-Sánchez 1982). Farjón *et al.* (1997) mencionan que está distribuida en tres localidades separadas en el municipio de Coalcomán, cerca de Dos Aguas y a 40 km al este de Dos Aguas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especies	Nombres comunes	Distribución
P. teocote	Ocote, pino chino, pino colorado, pino rosillo, pino real (Farjón *et al.* 1997)	En la parte centro-oriental del Sistema Volcánico Transversal, en altitudes de 1 500 a 2 700 msnm. Aunque suele formar comunidaes puras, con frecuencia se encuentra asociada con una o más del mismo género y con *Quercus*, tales como *P. lawsonii, Q. crassipes, Q. crassifolia* y Q. *rugosa* (Madrigal-Sánchez 1982)
Podocarpus matudae (sin. *P. reichei*)	Olivo, cedro prieto, sabina (en la zona del Bajío), palmilla, palmillo, palmito, sabina (Zamudio 2002)	Una de las localidades más conocidas de *P. reichei* en el estado es la barranca del Olivo, al este de Tingambato. Crece en laderas húmedas con bosque mesófilo de montaña, entre 800 y 2 300 msnm de altitud (Zamudio 2002). Su hábitat está en las cañadas húmedas, tanto en el Sistema Volcánico Transversal, en la parte centro-occidental, como en el noroeste de la sierra de Coalcomán, aunque en ambos casos en pocas localidades. Se asocia con encinos (*Quercus* spp.), moralillo, mora o morilla (*Carpinus caroliniana*), sirimo, sirimu o cahulote (*Tilia americana* var. *mexicana*), palo borrego, jaboncillo, palo santo, panza de perra, borreguillo o cucharillo (*Clethra hartwegii*), variador o aceituno (*Cornus disciflora*), Carindapaz (*Cornus excelsa*), lulu, cuental o palo amargoso (*Meliosma dentata*), garrapato o bateyuco (*Symplocus citrea*), *Eurya,* garambullo (*Zinowiewia concinna*) y cara de vaca o pata de gallina (*Oreopanax xalapensis*; Madrigal-Sánchez 1982, Madrigal-Sánchez y Guridi-Gómez 2004, Pérez-Calix 2009)
Taxodium mucronatum	Ahuehuete (del náhuatl), sabino, ciprés, *pénhamu* (tarasco), *chuche* (huasteco; Carranza 1992)	Esta especie es un árbol con altos requerimientos de humedad del suelo, por lo que crece a orilla de ríos, manantiales o arroyos; con frecuencia se le encuentra también bordeando canales y presas, así como cultivado en jardines o parques. Se distribuye a una altitud que va de 300 a 2 100 msnm (Carranza 1992). Es un árbol de lugares bajos y semicálidos, también crece en sitios sin agua superficial (no necesariamente corrientes permanentes), con tal que exista suficiente en el subsuelo; no es común en los lugares muy cálidos, a temperatura de 25° o más (Martínez 1953). En Michoacán se localiza sobre todo a lo largo del río Lerma (apéndice 24) y sus afluentes, tanto en el Sistema Volcánico Transversal como en la región de los valles. Frecuentemente se registra en formaciones monoespecíficas, aunque suele asociarse con sauces (*Salix* spp.; Madrigal-Sánchez 1982), otras veces con fresnos (*Fraxinus udhei*), ailes (*Alnus* spp.), amates, zirandas o zalates (*Ficus* spp.), ahuejote o *kirínchikua* (*Asthianthus viminalis*) y granjeno (*Celtis iguanaea*; Madrigal-Sánchez 1997)
Dioon edule	Chamal (Vovides 1999) palma de Teresita, quitamal, tiotamal (Vovides 1983), palma de Dolores, palma navaja (CONABIO 2013)	En México se localiza en zonas entre selva baja caducifolia y encinares, en paredes de cañones o barrancas con fuertes pendientes o en laderas poco pronunciadas (Vovides 1983). Los suelos bien rocosos drenados parecen ser un requisito para su hábitat. Es de amplia tolerancia ecológica, ya que se encuentra en una gran variedad de ecosistemas con diferentes características, como encinares, bosques de pino-encino, tropicales-caducifolios, tropicales-subcaducifolios, así como en algunos matorrales xerófilos; comúnmente en laderas de cañadas, peñascos y cantiles, en altitudes entre 500 y 1 500 msnm (Zamudio 1999). Una excepción a esto es una pequeña población en las dunas de arena estables en la vegetación costera tropical. En Michoacán se registró en el municipio de Tumbiscatío, en la región de la Llanura Costera

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Especies	Nombres comunes	Distribución
Zamia loddigesii	Palmiche, palmilla o tzompollo (Vovides 1983)	En México se distribuye en la vertiente del golfo de México, Yucatán, Oaxaca y hasta Guatemala, desde el nivel del mar hasta 1 900 msnm, en selva baja caducifolia, selva mediana subperenifolia y en acahuales de estos tipos de vegetación (Vovides 1983). Se reporta a lo largo de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur, desde Tamaulipas hasta el sur de Tabasco (Aguirre 2004). Rodríguez-Jiménez y Espinosa (1995) la reportan en Michoacán en el municipio de Coahuayana, en la provincia Llanura Costera (apéndice 24)

CUADRO 4. Importancia económica, cultural y ecológica de las gimnospermas.

Género o especie	Importancia
Juniperus	**Económica**: las especies de *Juniperus,* aunque son de cortas dimensiones tienen madera fuerte y durable. Se usan para postes y construcciones rústicas, además de proporcionar protección a la fauna silvestre (Madrigal-Sánchez 1997). En algunos lugares de la Altiplanicie, en ocasiones se obtienen del cedro negro o sabino (*J. deppeana* var. *deppeana*) postes para cercas o para construcción de viviendas rústicas. La madera del cedro o enebro (*J. flaccida* var. *flaccida*) es de muy buena calidad, por lo que es usada en la fabricación de muebles finos; también resiste la putrefacción, característica por la que con frecuencia se emplea en la construcción de casas de madera y los troncos se utilizan como postes (Zamudio y Carranza 1994) **Ecológica**: es útil para la restauración de suelos y para el establecimiento de cortinas rompevientos (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001)
Abies	**Económica**: la madera se emplea para hacer tejamaniles, viguetas, jirones, escudría, celulósicos, postes, pilotes y morillos, leña y carbón, etc., y también para la fabricación de papel. La trementina de los árboles jóvenes, llamada aceite de abeto, trementina de oyamel o aceite de palo, se emplea en medicina como bálsamo y en la fabricación de barnices **Cultural**: los bosques donde se localizan los oyameles son apreciados por ser lugares de recreación (Martínez 1953, Madrigal-Sánchez 1997, SEMARNAT 2011). *Abies religiosa* es apreciado como árbol de navidad. Artesanalmente es usada para fondo y costillas de guitarras clásica y popular de tipo español (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001); la emplean para hacer muebles y cucharas sin ningún decorado, para uso doméstico (Guridi 1980)
Pinus	**Económica**: de las especies de pino en el país, 60% tienen importancia comercial y 80% de los productos forestales se obtienen de los bosques de pino-encino (Ruelas y Dávalos 1999). En el ámbito local son explotados como leña, para postes, construcción de casas y muebles (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001). Prácticamente de todas las especies del género *Pinus* se obtienen productos maderables que se comercializan en forma de madera en rollo, de la cual se obtiene madera aserrada que es utilizada como cimbra para la construcción, muebles y otros productos. De las más usadas son: *Pinus duranguensis* (ocote o pino lacio), *P. devoniana* (pino lacio), *P. maximinoi* (pino canís), *P. oocarpa* (ocote chino), *P. montezumae* (ocote blanco o pino de Montezuma) y *P. pseudostrobus* (pino blanco o cantzimbo). En la producción de obtención de celulosa y papel destacan: *P. devoniana* y *P. pseudostrobus*. Para la elaboración de chapas: *P. montezumae, P. pseudostrobus, P. teocote* (pino colorado o pino rosillo) y *P. pringlei* (ocote o pino rojo; Bermejo y Pontones 1994). Un producto secundario importante es la resina (se obtiene sobre todo de los pinos duros), que es la materia prima para la elaboración de aguarrás y otros productos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Continuación.

Género o especie	Importancia
Pinus	Esta industria en Michoacán constituye una importante fuente de ingresos y son especies resinosas en la entidad: *Pinus oocarpa, P. leiophylla* (pino chino), *P. lawsoni* (pino ortiguillo), *P. teocote, P. herrerae* (ocote o pino chino), *P. maximinoi, P. montezumae* y *P. pringlei* (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001, Arias y Chávez López 2006) considerándose a *Pinus teocote* como mejor productor de resina en el Sistema Volcánico Transversal, debido a que es más manejable por no endurecerse (Silva 2005) **Cultural**: artesanalmente se usa pino cantzimbo o canís (*Pinus douglasiana*) para hacer bateas, *P. lawsonii* (pino ortiguillo) para baúles, *Pinus leiophylla* (pino chino) para marcos y cuadros grabados, figuras talladas a mano, *Pinus devoniana* (pino lacio) para columnas talladas a mano, servilleteros, botaneros, prendedores, máscaras y alhajeros, fondo y tapa de guitarra popular y violines, *Pinus pseudostrobus* (pino cantzimbo) para servilleteros y otras manualidades en madera y varias especies se utilizan para elaborar alhajeros con hojas, figuras talladas en corteza, figuras decorativas de conos pequeños (Guridi 1980) En el uso ceremonial, las hojas o acículas de *Pinus* son utilizadas para elaborar "gusanos" decorativos, en diferentes festividades (o arreglos artesanales), incluyendo las religiosas. Los conos de *Pinus* unidos con un cordel, se usan para elaborar coronas para decoración o en eventos religiosos; la industria de los árboles de navidad produce gran cantidad de árboles, entre ellos del género *Pinus* (Madrigal-Sánchez 2001) **Ecológica**: a menudo son el componente dominante de la vegetación, influyen en los procesos funcionales del ecosistema tales como los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos, los regímenes de fuego, y son hábitat y fuente de alimento para la fauna silvestre. Tienen un alto valor económico, ya que son fuente de madera, leña, pulpa, resinas, semillas comestibles y otros productos (Sánchez 2008). Ofrecen importantes servicios ambientales (agua, oxígeno, recreación, captura de carbono) e influyen en el clima regional. Hay varias especies nativas que se emplean para la restauración de suelos y para el establecimiento de cortinas rompevientos: *Pinus montezumae, P. devoniana, P. douglasiana* (ocote o pino lacio), *P. pseudostrobus* y *Juniperus* spp. (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001). En su medio natural, las semillas de *Pinus,* además de servir para la regeneración natural, son alimento para algunos mamíferos silvestres, lo cual se puede observar en conos inmaduros roídos
Podocarpus	**Cultural**: Zamudio (2002) menciona que la madera del olivo (*Podocarpus reichei*) es de buena calidad y en Michoacán se emplea esporádicamente en la fabricación de artículos artesanales. Aunque también cita que, el árbol es tan escaso que su uso no se ha generalizado. El receptáculo maduro destaca por su color rojo brillante, además de ser carnoso, de sabor dulce y comestible, según lo afirman las personas de la región. Produce madera valiosa y a veces se plantan como ornamentales. En el municipio de Tingambato, se localizan un par de ejemplares de este género (uno masculino y otro femenino) a uno y otro lado de la entrada al atrio de la Iglesia y, según comentan algunos pobladores, son individuos que fueron plantados por Vasco de Quiroga
Taxodium	**Cultural**: el ahuehuete o sabino es, sin duda, el árbol más popular de la flora mexicana, por su aspecto majestuoso, sus dimensiones, a veces colosales, y por su larga vida (algunos ejemplares se han datado con cientos de años de vida). Es el árbol nacional de México, por votación popular efectuada en 1921, convocada por la Escuela Nacional Forestal (Martínez 1953). Además, del ahuehuete o sabino, a la resina, hojas y corteza se les atribuyen buen número de propiedades medicinales: contra enfermedades de la piel, dolores reumáticos, problemas renales, gota, favorece la cicatrización de heridas, etc. La madera de ahuehuete es de buena calidad para artesanías (Madrigal-Sánchez 2001) **Económica**: la madera es usada en construcción (principalmente vigas y postes) o en la fabricación de canoas (Carranza 1992) **Ecológica**: la vegetación que constituye es importante para proteger de la erosión el suelo, sobre todo cuando hay corrientes de caudal abundante, así como de refugio para fauna silvestre (Madrigal-Sánchez 1997)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Continuación.

Género o especie	Importancia
Callitropsis (*Cupressus*) *lusitanica*	**Económica**: la madera del cedro blanco es blanca, levemente amarillenta, de buena calidad, se emplea en la construcción, para la fabricación de muebles, ebanistería y en la elaboración de papel. **Cultural**: es un árbol de rápido crecimiento, muy apreciado en la jardinería por su figura elegante y su follaje siempre verde, por lo que es común encontrarle en los jardines y calles de las ciudades o pueblos (Zamudio y Carranza 1994, Madrigal-Sánchez 1997). Artesanalmente se utiliza exclusivamente en el fondo y costillas de las guitarras clásica y popular de tipo español (Guridi 1980) y se puede usar para tejamanil y cucharas, y ceremonialmente las ramas del cedro blanco, se utilizan para arreglos florales, sobre todo en diversas celebraciones (navidad, 10 de mayo, día de muertos; Madrigal-Sánchez *et al.* 2001) **Ecológica**: también se le emplea con mucha frecuencia en áreas de reforestación por su resistencia a diferentes condiciones climáticas y edáficas (Zamudio y Carranza 1994, Madrigal-Sánchez 1997) y es útil para la restauración de suelos y para el establecimiento de cortinas rompevientos (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001)
Dioon edule	En la entidad es casi nula la información sobre la especie. Sin embargo, Vovides (2008) menciona que el chamal (*Dioon edule*) es una herbácea que ocupa el estrato medio de los bosques y, al igual que todas las cícadas, fija el nitrógeno atmosférico por medios de cianobacterias en las raíces apogeotrópicas (es decir, crecen paralelas y sobresaliendo del sustrato, sirviendo como medio para el intercambio gaseoso) formando masas coralloides a nivel del suelo; como las plantas vasculares. Forma simbiosis con hongos micorrícicos arbusculares (Vovides 2008). Es hospedera de la mariposa *Eumaeus* spp., que al parecer es específica a las hojas de cícadas durante las etapas larvales (Castillo-Guevara 2007). Vovides (1999) reporta que las semillas se registran como comestibles, aunque aparentemente sólo se consumen en épocas de gran escasez de otros alimentos. Por otro lado, las hojas tiernas son venenosas para el ganado, por lo que en muchos agostaderos las plantas se eliminan de manera sistemática
Zamia loddigesii	Para el estado no se encontraron reportes de uso. Vovides (1983) reporta que es usada para fines ornamentales, como planta sembrada en macetas; y medicinales, la raíz es utilizada en partos

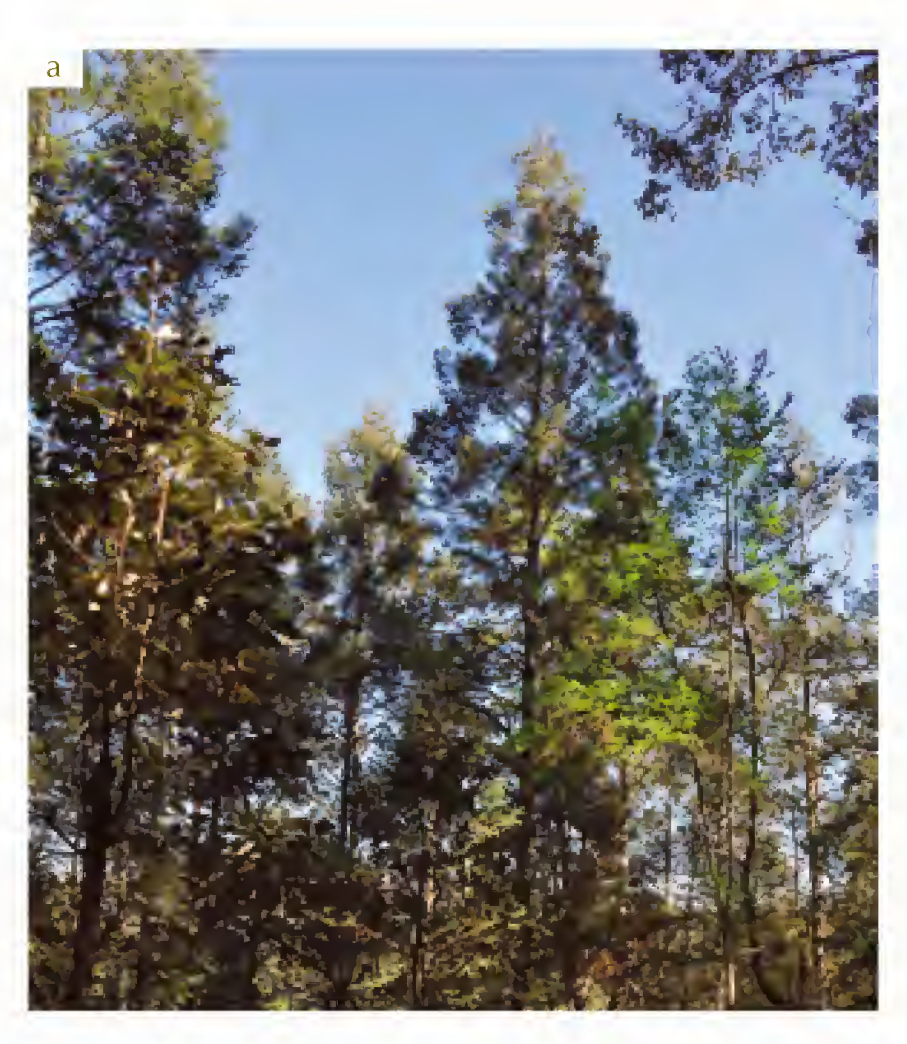


FIGURA 4. a) Árbol de oyamel o pinabete (*Abies guatemalensis* var. *jaliscana*) habitando en vegetación de bosque mesófilo de montaña en la localidad de Umécuaro, municipio de Morelia; b) ramilla con dos conos femeninos (izquierda) y semillas (derecha). Fotos: Xavier Madrigal-Sánchez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. El cedro blanco (*Callitropsis lusitanica*) es común que se utilice como planta ornamental: a) cedro blanco cultivado en la entrada del Parque Nacional Insurgente José María Morelos, municipio de Charo; b) ramilla con conos femeninos de los jardines de Ciudad Universitaria de la UMSNH. Fotos: Patricia Silva-Sáenz.

FIGURA 6. a) Árbol de cedro negro (*Juniperus deppeana*) cerca de Tlalpujahua, donde al ser la especie dominante forma un bosque (bosque de tázcate); b) ramilla con conos femeninos de 8 a 20 mm de diámetro que se forman con seis escamas; c) bosque de enebro o cedro (*Juniperus flaccida*) en Las Palmitas, municipio de Tuxpan; d) árbol de alrededor de cuatro metros de altura; e) ramilla con conos femeninos. Fotos: Xavier Madrigal-Sánchez (a, b); Patricia Silva-Sáenz (c, d); Noé Joel Barajas Lemus (e).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

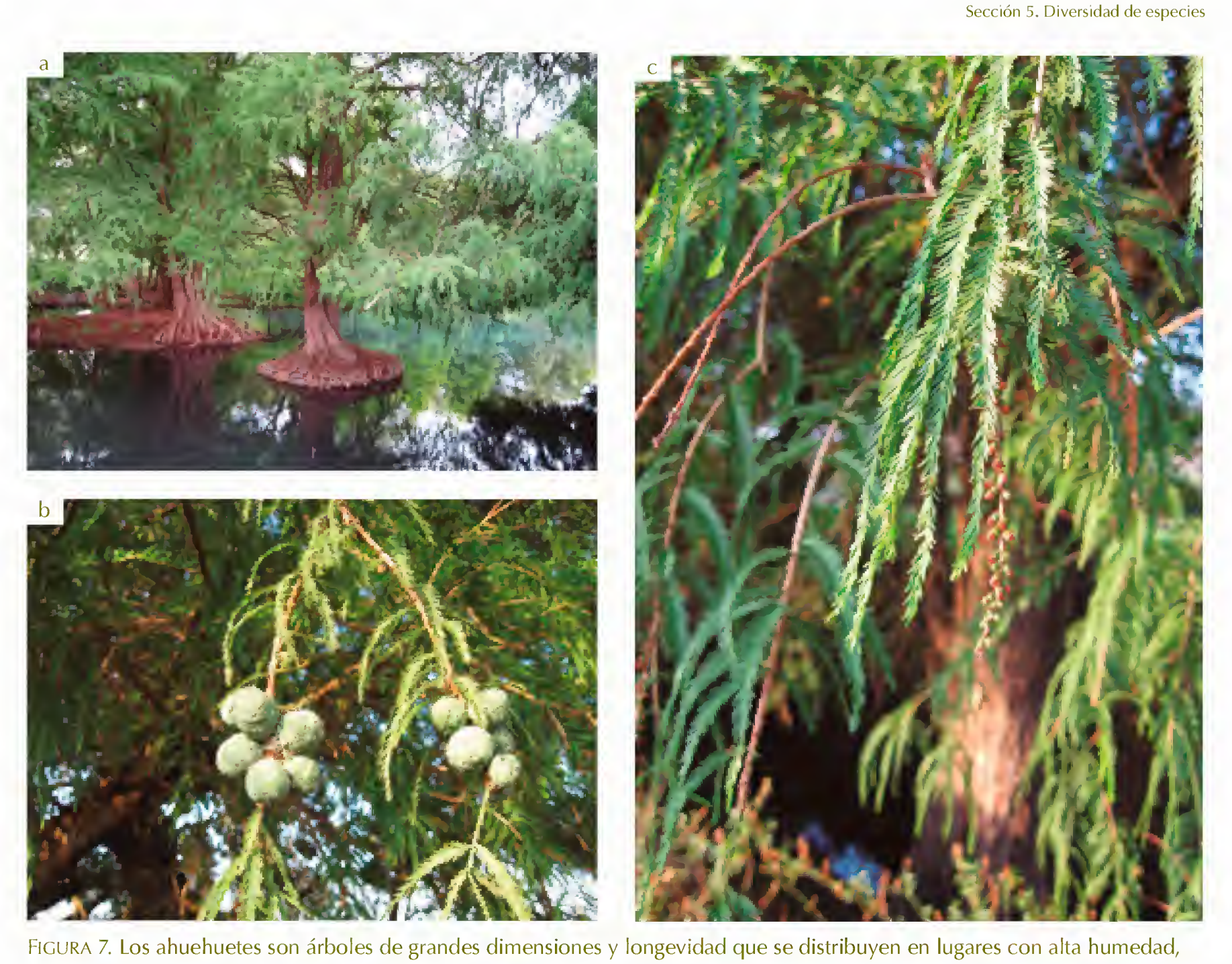


FIGURA 7. Los ahuehuetes son árboles de grandes dimensiones y longevidad que se distribuyen en lugares con alta humedad, por lo que crecen a orilla de ríos, manantiales o arroyos: a) ahuehuete en el Parque Nacional Lago de Camécuaro, municipio de Tangancícuaro; b) conos femeninos; c) estróbilos masculinos, ambos cerca de La Goleta, municipio de Charo. Fotos: Patricia Silva-Sáenz.

Algunas especies de coníferas también son usadas para artesanías, por ejemplo, la madera de *Pinus douglasiana* para hacer marcos, cuadros y bateas; con *P. lawsonii* se elaboran marcos y cuadros grabados y entintados, armazones de "guarecitas" en Zirahuén; *Pinus devoniana* se utiliza para tallar figuras a mano, cucharas, molinillos, entre otros utensilios (Guridi 1980).

Otras son utilizadas como alimento (las semillas de los pinos piñoneros o los conos de varias especies son consumidos por la fauna silvestre), ornamentales (ejemplares de cícadas, ahuehuete, olivo, cedro blanco) y en aspectos culturales (las hojas de *Pinus* spp. sirven para confeccionar "gusanos" que adornan festividades religiosas de varias localidades de la entidad). Además, las semillas de los pinos constituyen la materia prima para los programas de producción de plantas destinadas a labores de reforestación y forestación, así como para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de alto rendimiento (Silva 2005).

En la entidad, la principales especies que ha producido la Comisión Forestal en los últimos tres años son, en orden descendente: *Pinus pseudostrobus* (2 267 000 plantas), *P. devoniana* (*P. michoacana,* 1 245 000), *P. leiophylla* (410 mil), *Callitropsis lindleyi* (385 mil), *Abies religiosa* (310 mil), *Pinus greggii* (275 mil), *P. lawsonii* (185 mil), *P. ayacahuite* (260 mil), *P. oocarpa* (200 mil), *P. lawsonii* (185 mil) y *P. pringlei* (10 mil), siendo éstas las más solicitadas por los dueños o poseedores del recurso forestal y se entregan en donación a quien lo solicita (Moreno 2013, Olivares 2014).

ESTADO DE CONSERVACIÓN

En México se reporta que 38% de las especies de gimnospermas son endémicas (Ricker y Hernández 2010). El género *Pinus* destaca con 55% de taxa endémicos para el país y al menos 20 que están en alguna categoría de riesgo (Sánchez-González 2008). La especie endémica para la entidad es *Pinus rzedowskii* (apéndice 24). Las especies nativas de gimnospermas con alguna situación de riesgo son cinco (SEMARNAT 2010), de entre 23 especies y cuatro variedades (UICN 2013; cuadro 5) y las especies introducidas se pueden ver en el apéndice 25.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 5. Especies de gimnospermas nativas con alguna situación de riesgo para su conservación.

Familia	Nombre científico	Nombre(s) común(es)	NOM-059*	Distribución*	Categoría UICN
Cupressaceae	*Callitropsis* (*Cupressus*) *lusitanica*	Cedro blanco	Pr	No endémica	Riesgo bajo
	Juniperus deppeana	Cedro negro, cedro prieto, sabino			Riesgo bajo
	Juniperus deppeana var. *robusta*				Vulnerable
	Juniperus flaccida var. *flaccida*				Riesgo bajo
	Juniperus flaccida	Cedro, cedro blanco, enebro			Riesgo bajo
	Juniperus monticola	Ciprés			Riesgo bajo
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel, tocumbo, pinabete			Riesgo bajo
	Pinus ayacahuite	Acalocote, ocote gretado, pinabete, pino gretado, pino tabla			Riesgo bajo
	Pinus ayacahuite var. *veitchi*				Riesgo bajo
	Pinus devoniana (*P. michoacana*)	Pino lacio, pino blanco, pino prieto			Riesgo bajo
	Pinus douglassiana	Pino cantzimbo, ocote, pinabete, pino blanco, pino hayarín, pino real			Riesgo bajo
	Pinus duranguensis (*P. martinezii*)	Ocote, pino lacio, pino real	Pr	Endémica	Riesgo bajo
	Pinus hartwegii	Ocote, pino			Riesgo bajo
	Pinus herrerae	Ocote, pino chino			Riesgo bajo
	Pinus lawsonii	Pino ortiguillo, ocote, pino chino			Riesgo bajo
	Pinus leiophylla	Pino chino, ocote, pino prieto			Riesgo bajo
	Pinus maximinoi	Ocote, pino canís			Riesgo bajo
	Pinus montezumae	Ocote, ocote blanco, pino de Montezuma, pino real			Riesgo bajo
	Pinus oocarpa	Ocote chino, pino chino, pino colorado, pino prieto, pino tepo			Riesgo bajo
	Pinus oocarpa var. *trifoliata*				Riesgo bajo
	Pinus pringlei	Ocote, pino, pino rojo			Riesgo bajo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 5. Continuación.

Familia	Nombre científico	Nombre(s) común(es)	NOM-059*	Distribución*	Categoría UICN
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino blanco, pino chamaite, pino lacio, pino liso			Riesgo bajo
	Pinus rzedowskii	Ocote, pino	P	Endémica	No determinada
	Pinus teocote	Ocote, pino chino, pino colorado, pino rosillo, pino real			Riesgo bajo
Taxodiaceae	*Taxodium mucronatum*	Sabino, ahuehuete (del náhuatl), ciprés, pén-hamu (tarasco), chuche (huasteco)			Riesgo bajo
Zamiaceae	*Dioon edule*	Chamal, palma de Teresita, quitamal, tiotamal	P	Endémica	Casi amenazada
	Zamia loddigesii	Palmiche o palimilla o tzompollo	A	No endémica	Casi amenazada

A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial, P: en peligro de extinción.
Fuente: *SEMARNAT 2010, UICN 2013.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

En las gimnospermas, a diferencia de otras plantas vasculares (como los helechos), las amenazas no radican en su ciclo de vida, sino en causas principalmente antropogénicas, como la sobreexplotación, los proyectos gubernamentales de colonización y desarrollo, y el cambio de uso del suelo hacia actividades agrícolas y ganaderas, prácticas comerciales mal llevadas y reguladas, así como proyectos de infraestructura planeados y aplicados de forma inadecuada (Morán y Galleti 2002).

Algunos especialistas (Sánchez-González 2008, Madrigal-Sánchez 2013, Silva 2013) concuerdan que entre los agentes y acciones causantes de la deforestación están: sobreexplotación, manejo inadecuado de los bosques, actividades de aprovechamiento clandestinas (tanto en madera como de recursos forestales no maderables), incendios y plagas.

Los programas nacionales e internacionales para el uso sostenible y la conservación del género *Pinus* en México aún no son eficientes ni suficientes (Sánchez-González 2008), ya que los bosques se siguen perdiendo a una tasa anual aproximada de 0.24% por procesos de deforestación, con lo que se liberan cerca de 89 millones de toneladas métricas de CO_2 por año (Barry *et al.* 2010).

En el estado la cubierta forestal es afectada por el desmonte (en los últimos 20 años se han perdido en promedio 50 mil hectáreas anuales de bosques y selvas que equivale a 0.85% de la superficie; Aguilera 2012), la tala ilegal (8%), los incendios forestales (4%), la prevalencia y diseminación de plagas y enfermedades (3%), cambios autorizados por instancias gubernamentales (2%) y otros motivos (1%; Muñoz *et. al.* 2009). Así, Michoacán, junto con Chihuahua son estados que presentan una tasa muy elevada de eliminación de la cubierta forestal (Morán y Galleti 2002).

Es pertinente resaltar lo que se reporta para el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), el cual no presenta graves problemas de sobrevivencia en la Altiplanicie, sin embargo, en algunos tramos del río Lerma (como en el municipio de La Piedad), las poblaciones se han visto disminuidas por la tala inmoderada, el maltrato de las zonas ribereñas, la contaminación y la desecación del río; asimismo, durante la construcción de la presa Jalpan, fueron derribados cerca de 570 árboles, según informes de personas que participaron en dicha obra (Carranza 1992).

A escala mundial el uso ornamental, alimenticio, medicinal, y los constantes cambios en el uso del suelo de las áreas tropicales, son las principales causas de que 89% de las poblaciones naturales de la familia Zamiaceae se encuentren en peligro de extinción (UICN 1997, Vovides 1999, Aguirre 2004), incluso muchas especies de esta familia han sido eliminadas hasta la extinción (UICN 2003, Vovides 2008).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En la entidad la comercialización se realiza sobre todo en viveros (la venta ambulante es mínima), los cuales son inspeccionados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y donde se reporta decomiso de especies en un 5% de las visitas; la gran mayoría de las plantas provienen de lugares autorizados y cuentan con la documentación que acredita su legal procedencia. También existen unidades de manejo para *Dioon edule* (figura 8), que se reproduce por semilla, en Monte Oscuro, municipio de Emiliano Zapata, Veracruz (Cambrón 2014). Sin embargo, se considera que es insuficiente la información sobre la situación de conservación, uso y condición actual del ambiente en donde habitan cícadas para el estado.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Solamente se registran gimnospermas en 65 de los 113 municipios del estado (apéndice 24), aunque no debe descartarse su presencia en otros sitios. Es necesario realizar investigaciones referentes a la taxonomía del grupo y sobre su distribución, además de estudios respecto a procesos de hibridación (mecanismo de especiación mediante la cruza de dos especies diferentes).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

El nivel de conocimiento que se tiene de este grupo es todavía deficiente, por lo que es importante divulgar, fomentar y estimular su conocimiento y estudio, para utilizarlo y conservarlo mejor (Madrigal-Sánchez *et al.* 2001). Deben realizarse inventarios florísticos, así como estudios autoecológicos enfocados a la biología de la conservación, que incluyan proyectos de modelación de nicho ecológico y modelaje de la distribución potencial, elementos que pueden ser potencialmente importantes para la conservación de las comunidades naturales de gimnospermas (Peterson y Robins 2003, Graham *et al.* 2004, Martínez-Meyer 2005, Cué-Bär *et al.* 2006, Elith *et al.* 2011).

FIGURA 8. a) Planta de chamal (*Dioon edule*), sus hojas miden de 80 cm a 1.3 m de largo, como todas las zamiáceas es perenne, con aspecto de palma y dioica, es decir, los sexos están en plantas diferentes; b) cono femenino de forma ovoide, con abundante pubescencia lanosa; c) estróbilo masculino. Fotos: Carlos Gerardo Velazco Macías/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Asi también, se requieren evaluaciones de producción de planta en vivero, de plantaciones de algunas especies con propósitos específicos, tales como comercialización de especies, conocimiento sobre germinación de semillas, programas de mejoramiento genético, caracterización de las principales plagas, entre otros, y con esa información emprender un plan de acción de recuperación, manejo y conservación, que deberá formular las recomendaciones apropiadas para cada caso y área en particular (Muñoz *et al.* 2009, UICN 2003).

Es importante destinar recursos al monitoreo de las zonas forestales y al desarrollo y mejoramiento de técnicas para la extracción y transporte de madera, así como planear los programas públicos enfocados a promover el desarrollo y la ubicación de la población, considerando la superficie boscosa. Asimismo, promover las plantaciones forestales comerciales, ya que se consideran una alternativa para disminuir la presión que se ha ejercido sobre los bosques naturales, factor detonante del desequilibrio ecológico (Arteaga y Pérez 2001).

Algunas especies pueden ser utilizadas en la recuperación de suelos y control de la erosión (Eguiluz-Piedra 1977), por ejemplo, en suelos con pérdida extrema, Gómez-Romero *et al.* (2012) recomiendan una plantación mixta de *P. devoniana* y *P. greggii* (*P. pseudostrobus* sólo en pendiente >30°) para su restauración.

En general, se recomienda reforestar con especies arbóreas nativas (de la misma zona) o de rápido crecimiento que permitan el reclutamiento natural de otras especies del bosque y así evitar afrontar el empobrecimiento florístico por deforestación (Madrigal-Sánchez 2013, Fernández-Pérez *et al.* 2013).

CONCLUSIONES

Las gimnospermas son importantes desde el punto de vista económico, ecológico y cultural. Pueden ser usadas en la conservación y restauración de ecosistemas dañados, en la protección y restauración de suelos, para el establecimiento de cortinas rompevientos, etc. Se recomienda como aspectos básicos: 1) apoyar proyectos que generen mayor conocimiento de este grupo, desarrollando temas sobre inventarios florísticos y de ecología de las especies; 2) mejorar las instancias de vigilancia para que se aplique de forma estricta y efectiva la legislación referente a los métodos de ordenación e implementar otros que sean necesarios; 3) determinación real de turnos y ciclos de corta[13] para cada área que se destine al manejo; 4) promover las reformas necesarias para que los programas de manejo forestal sean desarrollados por grupos interdisciplinarios (ecólogos, botánicos, sociólogos y forestales, entre otros); 5) obtener un buen funcionamiento al establecer o manejar las áreas naturales protegidas, incluyendo a los propietarios, comunidades y autoridades locales, para que no se perciba este programa como una imposición, es decir, realizar acciones de manejo participativo o de rehabilitación eficientes (con programas de reforestación convenientes); 6) apoyar proyectos que impliquen la gestión sostenible o recuperación de las especies amenazadas, sobre todo en las zonas de amortiguamiento de las reservas de la biosfera y otras áreas de conservación; finalmente 7) seleccionar las especies adecuadas para cada ambiente, usando plantas nativas de las zonas forestales.

[13]El ciclo de corta es el número de años calculados o fijados en un bosque o plantación para llevar a cabo la corta en toda su extensión y regresar al mismo lugar donde se empezó a cortar.

REFERENCIAS

Aguilera, A. 2012. Durante los últimos 20 años se han perdido un millón de hectáreas de bosques: COFOM. En: <*http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2012/07/06/durante-los-ultimos-20-anos-se-han-perdido-un-millon-de-hectareas-de-bosques-cofom-2/*>, última consulta: 7 de junio de 2013.

Aguirre F., D. 2004. *Demografía y genética de poblaciones de Zamia loddigesii Miq. (Zamiaceae) en el centro de Veracruz, México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Veracruzana, Veracruz.

Arias Toledo, A.A. y A. Chávez López. 2006. Resina: entre la madera y el desarrollo comunitario integral. *Biodiversitas* 65:1-7.

Arteaga M., B. y A. Pérez C. 2001. *Pinus maximinoi* H.E. Moore: una especie prometedora para plantaciones forestales comerciales en el trópico. *Foresta Veracruzana* 3(2):63-70.

Barry, D., D. Bray, S. Madrid *et al.* 2010. El manejo forestal sostenible como estrategia de combate al cambio climático: las comunidades nos muestran el camino. En: <*http://www.ccmss.org.mx/descargas/manejo_forestal_sostenible_rri_ccmss.pdf* >, última consulta: 27 de abril de 2018.

Bermejo, B. y J. Pontones. 1994. *Los pinos mexicanos y su utilización como especies introducidas de alto potencial en varios países del mundo. Política y mercadeo de semillas forestales*. Centro de Genética Forestal, A.C., México.

Carranza, E. 1992. *Taxodiaceae*. Fascículo 4. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

——. 2005. Biodiversidad. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. L. Villaseñor-Villaseñor (ed.). CONABIO/SUMA/USMH, Michoacán, pp. 73-75.

Castillo-Guevara, C. 2007. Herbivores and chemical defenses in cycads. An ecological and evolutionary approach. En: *Proceedings of cycad 2005 the 7th international conference on cycad biology*. A.P. Vovides, D.W. Stevenson y R. Osborne (eds.). Memoirs of the New York Botanical Garden, Nueva York, pp. 87-103.

Cambrón, C., G. 2014. Delegado federal en el estado de Michoacán de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Comunicación personal, mayo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Christenhusz, M. J.M., J.L. Reveal, A. Farjon *et al.* 2011. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa* 19:55-70.

Cronquist, A. 1986. *Introducción a la botánica.* Compañía Editorial Continental S.A., México.

Cué Bär, E.M., J.L. Villaseñor, L. Arredondo Amezcua *et al.* 2006. La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78:47-81.

Earle, J.C. 2015. Gymnosperm Database. En: *<http://www.conifers.org/>*, última consulta: 4 de febrero de 2015.

Eguiluz-Piedra, T. 1977. *Los pinos del mundo.* Publicaciones Especiales núm. 1. Escuela Nacional de Agricultura, México.

Elith, J., S.J. Phillips, T. Hastie *et al.* 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions* 17:43-57.

Farjon, A.K. 1998. *World checklist and bibliography of conifers.* Royal Botanical Gardens at Kew, Reino Unido.

Farjon, A.K. y B.T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora neotropica* 75:1-291.

——. 1998. *Pinus (Pinaceae) Monograph 75.* Flora neotropica. The New York Botanical Garden, Nueva York.

Farjon, A., J.A. Pérez de la Rosa y B.T. Styles. 1997. *Guía de campo de los pinos de México y América Central.* Royal Botanic Gardens at Kew. University of Oxford, Reino Unido.

Fernández-Pérez, L., N. Ramírez-Marcial y M. González-Espinosa. 2013. Reforestación con *Cupressus lusitanica* y su influencia en la diversidad del bosque de pino-encino en los Altos de Chiapas, México. *Botanical Sciences* 91:207-216.

Gernandt, D.S. y J.A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:126-133.

Gómez-Romero, M., J.C. Soto-Correa, J.A. Blanco-García *et al.* 2012. Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. En: *<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2012/nov-dic/art-5.pdf>*, última consulta: 16 de septiembre de 2013.

Graham, C.H., S.R. Ron, J.C. Santos *et al.* 2004. Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution* 58:1781-1793.

Guridi, G., L.I. 1980. *La madera de artesanías en el estado de Michoacán.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Divulgativo núm. 50. SARH, México.

Ibarra-Manríquez, G., J.L. Villaseñor, R. Durán y J. Meave. 2002. Biogeographical analysis of the tree flora of the Yucatan Peninsula. *Journal of Biogeography* 29:17-29.

Izco S., J. 2004. *Botánica.* McGraw-Hill/Interamericana, España.

Jones, S.B. 1988. *Sistemática vegetal.* McGraw-Hill, México.

Madrigal-Sánchez, X. 1982. *Claves para la identificación de las coníferas silvestres del estado de Michoacán.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Divulgativo núm. 58. SARH, México.

——. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 15:65-75.

——. 2013-2014. Profesor-investigador jubilado de la Facultad de Biología de la UMSNH, especialista en coníferas. Comunicación personal, abril.

Madrigal-Sánchez, X. y A. Chávez C. 1992. *Notas para el curso de Botánica III.* UMSNH, Michoacán.

Madrigal-Sánchez, X. y L.I. Guridi-Gómez. 2004. Riqueza de la vegetación en la región de Morelia. En: *Contribuciones a la geología e impacto ambiental en la región de Morelia.* V.H. Garduño (ed.). Instituto de Investigaciones Metalúrgicas/UMSNH, Michoacán, pp. 156-166.

Madrigal-Sánchez, X., L.I. Guridi G., M.A. Silva F. y P. Silva. 2001. Taller: Las coníferas de México. Exposición "Paradeisos Herbariorum". Facultad de Arquitectura-UNAM/Facultad de Biología-UMSNH, Michoacán.

Martínez, M. 1953. *Las pináceas mexicanas.* UNAM, México.

Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some consideration in forecasting shifts in species potential distribution. *Biodiversity Informatics* 2:42-55.

Medina, L.R. y P. Dávila A. 1997. *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Gimnospermae Lindl.* Fascículo 12. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Mertens, R.T. y F. Stevenson. 1983. *Ciclos de vida de las plantas.* Serie Introducción Programada. Ed. Limusa, México.

Morán, J. y H. Galleti. 2002. *Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México.* Centro Mexicano de Derecho Ambiental, México.

Moreno, H., E. 2013. Jefe del Departamento de plantaciones forestales, Comisión forestal del estado de Michoacán. Comunicación personal, septiembre.

Muñoz F., H.J., V. Coria Ávalos, J.J. García-Sánchez y M. Balam-Che. 2009. Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 34:61-87.

Olivares, H., G. 2014. Jefe del Departamento de producción de planta, Comisión forestal del estado de Michoacán. Comunicación personal, mayo.

Pérez-Calix, E. 2009. *Tiliaceae.* Fascículo 160. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

Perry, J.P. 1991. *The pines of México and Central America.* Timber Press, Oregon.

Peterson, A.T. y R. Robins. 2003. Using ecological-niche modeling to predicting barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology* 17:1161-1165.

Ramírez-Herrera, C., J.J. Vargas-Hernández y J. López-Upton. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii. Acta Botanica Mexicana* 72:1-16.

Rey-Benayas, J.M., A.C Newton, A. Díaz y J.M. Bullock. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science* 325:1121-1124.

Ricker, M. y H.M. Hernández. 2010. Tree and tree-like species of Mexico: gymnosperms, monocotyledons, and tree ferns. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:27-38.

Rodríguez-Jiménez, L. del S. y J. Espinosa. 1995. *Listado florístico del estado de Michoacán.* Fascículo complementario VI. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

Ruelas L., M.C. y R. Dávalos S. 1999. La industria forestal del estado de Chihuahua. *Madera y Bosques* 5:79-91.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.* Ed. Limusa, México.

——. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14:3-21.

Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques* 14:107-120.

Santiago, A.L., E. Jardel y R. Cuevas-Guzmán. 2002. Rareza y estado de conservación de especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña en la Reserva de la Biosfera Sierra de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Manantlán, México. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara* 10:5-22.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el jueves 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2011. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. SEMARNAT, México.

——. 2012. En: *<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/cambio-climatico-y-bosques-nv>*, última consulta: 21 de septiembre de 2013.

Soltis, P.S. y M.A. Gitzendanner. 1999. Molecular systematics and the conservation of rare species. *Conservation Biology* 13:471-483.

Silva F., M.A. 2005. *Distribución y aspectos ecológicos de Pinus martinezii Larsen, en el eje neovolcánico, estado de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2013. Profesor de asignatura, Facultad de Biología de la UMSNH, especialista en el área forestal. Comunicación personal, mayo.

Stevenson, D.W. 1992. A formal classification of the extant cycads. *Brittonia* 44:220-223.

Suárez, N., V.S. Santiago, M.J. Salinas B. y G. Blanca L. 2005. *Evolución reticulada y protección* de la flora *amenazada: el caso de Centaurea sect. Willkommia Blanca* (*Compositae*). En: *<http://botanico.gijon.es/multimedia_objects/download?object_id=77453&object_type=document>*, última consulta: 26 de mayo de 2014.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2003. *Cycads. Status Survey and Conservation Action Plan.* J. Donaldson (ed.). UICN/SSC Cycad Specialist Group.

——. 2013. En: *<http://www.iucnredlist.org/>*, última consulta: 7 de junio de 2013.

Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28:160-167.

Vovides, A.P. 1983. *Zamiaceae. Flora de Veracruz.* Fascículo 26. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos/Field Museum of Natural History de Chicago, México.

——. 1999. *Zamiaceae.* Fascículo 71. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

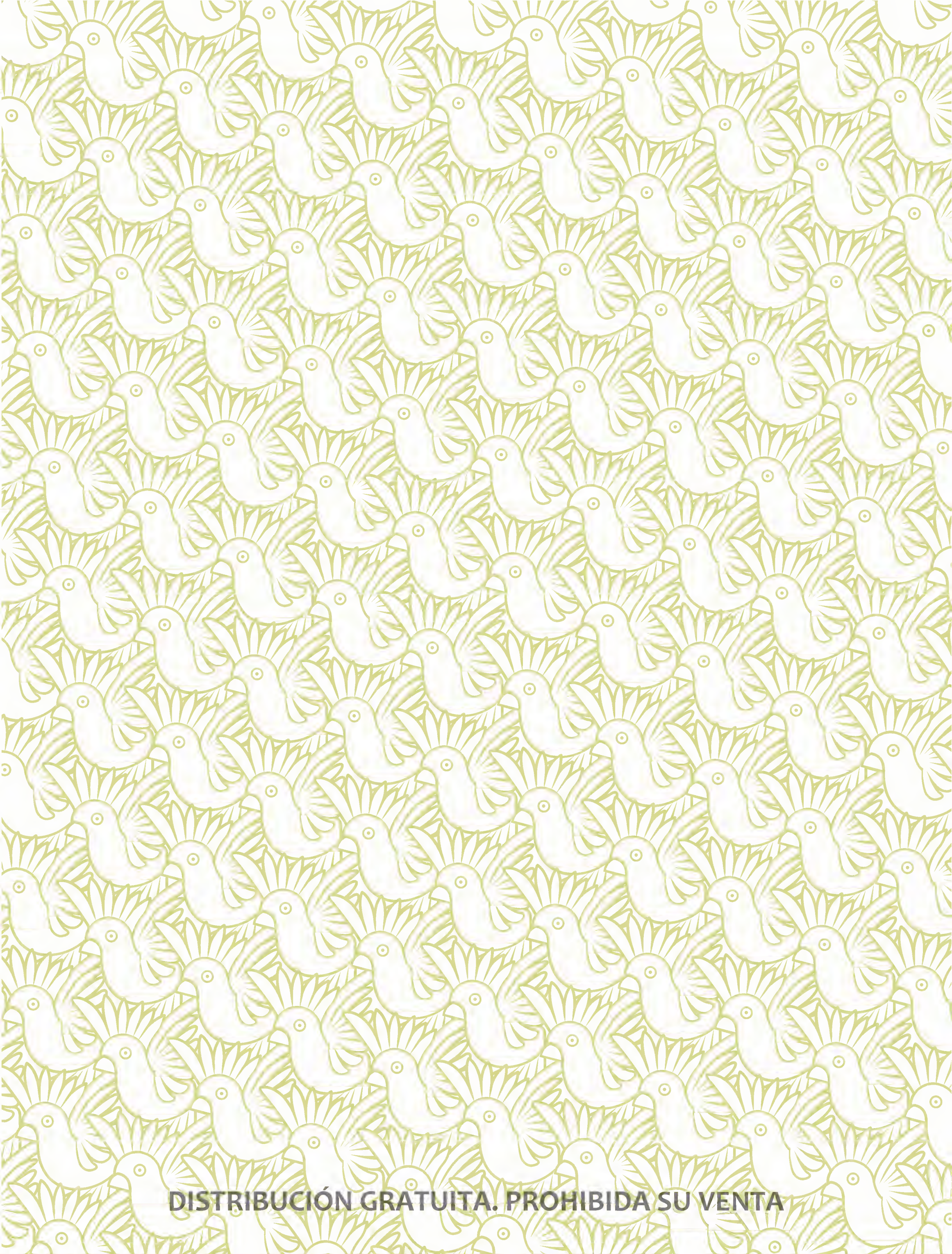
——. 2008. Cycadales in México *(Dioon edule).* En: *<http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/TallerNDF/Links-Documentos/WG-CS/WG3-SucculentsandCycads/WG3-CS3%20Dioon/WG3-CS3.pdf>*, última consulta: 7 de junio de 2013.

Wendt, T. 1993. Composition, floristic affinities, and origins of the canopy tree flora of the Mexican Atlantic slope rain forest. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution.* T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 595-680.

Zamudio, S. 2002. *Podocarpaceae.* Fascículo 105. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

Zamudio, S. y E. Carranza. 1994. *Cupressaceae.* Fascículo 29. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C./Centro regional del Bajío, Michoacán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Cambio climático: una amenaza para la conservación de *Pinus pseudostrobus*

CUAUHTÉMOC SÁENZ ROMERO, GERALD E. REHFELDT, JUAN MANUEL ORTEGA RODRÍGUEZ Y MARÍA CONSUELO MARÍN TOGO

INTRODUCCIÓN

El pino caniz o pino blanco (*Pinus pseudostrobus)* es una conífera principalmente de México, aunque su distribución se extiende a las altas montañas de Guatemala. Si bien dentro de Michoacán existe un área geográfica más o menos amplia (sobre todo la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur), en donde se dan condiciones climáticas favorables para la distribución de esta especie, en realidad es un angosto intervalo de variables climáticas (precipitación, temperatura), en combinación con factores como topografía, elevación, pendiente, etc., los que determinan su distribución actual; eso hace a la especie particularmente vulnerable al cambio climático. El objetivo de esta contribución es analizar los posibles impactos negativos de ese cambio en *Pinus pseudostrobus,* especie forestal de importancia ecológica y económica para la entidad.

La importancia de esa especie de pino radica en el hecho de que es abundante en el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana, tiene un crecimiento relativamente rápido (comparado con otras especies y variedades de pinos nativos de la entidad), un fuste muy recto y buena poda natural (López-Upton 2002); además, es la especie dominante dentro de los bosques mejor manejados del estado, como los de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (figura 1; Sánchez-Pego 1995). Es quizá por ello la especie más empleada en el estado para los programas de reforestación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Forestal de Michoacán (COFOM).

FIGURA 1. Bosque dominado por *Pinus pseudostrobus,* en la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Vista de 2009 desde la cumbre de Cerro de Pario (2 900 m de altitud), en dirección a Cerro de Tumbiscatillo. Foto: C. Sáenz-Romero.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, J.M. Ortega-Rodríguez y M.C. Marín-Togo. 2019. Cambio climático: una amenaza para la conservación de *Pinus pseudostrobus*. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 225-228.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Se pronostica que el cambio en el clima influirá en las especies generando un desacoplamiento entre las poblaciones naturales y las condiciones climáticas a las cuales están adaptadas. Al ocurrir días muy calurosos en la estación de sequía y una posterior estación de lluvias corta y errática, se generan condiciones de estrés para los árboles, lo que los hará más susceptibles a plagas y enfermedades (Sáenz-Romero *et al.* 2012*a*).

Sin duda, los efectos más severos del cambio climático son y serán ocasionados por esos eventos extremos (olas de calor y de sequía), que actualmente ocurren en 10% de la superficie de los continentes, cuando hasta antes de 1980 lo normal era que ocurrieran sólo en 1% de la superficie continental (Hansen *et al.* 2012).

En general, el hábitat óptimo (espacio geográfico donde los requerimientos climáticos son propicios para una especie o población) se modificará en el futuro, desplazándose a un lugar distinto. Para el caso de ecosistemas localizados en regiones montañosas, ese desplazamiento se daría hacia lugares de mayor altitud (Sáenz-Romero *et al.* 2010), lo que ocasionará un desfasamiento adaptativo (p.e. no coincidencia entre el sitio que ocupa una población natural y el sitio en donde ocurre el clima que le es propicio y para el cual la población está adaptada), lo que representa una presión para la sobrevivencia de las poblaciones.

Para el caso de México, se ha predicho que el hábitat climático propicio para el bosque de coníferas de la Faja Volcánica Transmexicana se reducirá en 92% para 2090 (Rehfeldt *et al.* 2012), eso inducirá la declinación de las poblaciones forestales adaptadas a ese clima que cambiará, lo cual ya está ocurriendo en muchas partes del mundo (Allen *et al.* 2010).

En contraste, el clima propicio para vegetación natural de ambientes áridos y semiáridos, como el matorral xerófito y la selva seca, se expandirá en México de forma significativa (Rehfeldt *et al.* 2012); aunque eso no siempre será benéfico para las especies de esos tipos de vegetación, ya que ese clima propicio ocurrirá en sitios diferentes al que ocupan actualmente las especies.

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PINO CANIZ

En el caso del pino caniz o pino blanco, la experiencia en la entidad indica que si bien esta especie es la más deseada por los dueños y poseedores de predios forestales, sobre todo para ser usada en los programas de reforestación, cuando se planta en sitios más secos, más fríos y en suelos degradados (que inducen estrés por sequía), la mortalidad es muy elevada (obs. pers.). Esta situación ha sido documentada en Nuevo San Juan Parangaricutiro, donde se plantó experimentalmente *P. pseudostrobus* (originada de una mezcla de semilla local) en un sitio dentro de su área de distribución natural, a la altitud apropiada pero en condiciones donde el relieve del micrositio favorecía las heladas (sitio plano al pie de una montaña) y con acumulación de arena volcánica. Los resultados mostraron una sobrevivencia muy inferior a la de *P. montezumae* (pino lacio), que se plantó en el mismo sitio con planta también originada de una mezcla de semilla local (Blanco-García *et al.* 2008).

Otro ensayo realizado en un sitio con suelo erosionado (en el municipio de Atécuaro), mostró que *P. pseudostrobus* presentó sobrevivencia inferior a la de *Pinus cembroides* (pino piñonero), *P. devoniana* (=*P. michoacana*) y *P. greggii* (Gómez-Romero *et al.* 2012).

La explicación de la aparente susceptibilidad del pino caniz probablemente reside en que si bien su área potencial de distribución en el estado es relativamente amplia (entre los 2 300 y los 2 900 msnm, a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur), su espacio climático propicio es más reducido. Lo anterior se puede observar cuando se grafica el espacio climático de la especie, a lo largo de transectos altitudinales, en comparación con otras especies de pinos también presentes en la entidad.

El espacio climático se puede expresar, por ejemplo, como valores de un índice de aridez (raíz cuadrada de grados día >5 °C, dividido entre la precipitación anual en mm; el índice indica el calor disponible para crecer por cada mm de precipitación). El intervalo de valores del índice de aridez que ocupa *P. pseudostrobus* es muy estrecho (0.050 a 0.053), abarca sólo 0.003 unidades del índice (figura 2). Eso indica que la especie está adaptada sólo a un estrecho intervalo de combinación de valores de temperatura y disponibilidad de humedad; es decir, la especie requiere estar en un ambiente muy específico, y aparentemente carece de características que le permitan resistir temperaturas más cálidas, más frías o más secas que las que ocurren en su hábitat climático, para el cual de forma potencial está adaptada.

En contraste, otras especies de pinos presentan un intervalo mucho más amplio de valores del índice: *P. oocarpa* reporta un rango de 0.050 a 0.067, un intervalo cinco veces más amplio que *P. pseudostrobus*; *P. devoniana* de 0.051 a 0.074, un intervalo ocho veces más amplio que *P. pseudostrobus* (figura 2).

Ante el fenómeno global del cambio en el clima, lo reducido del espacio climático de *P. pseudostrobus* representa gran vulnerabilidad para la distribución y conservación de la especie en el estado. Es muy probable que en el futuro los valores climáticos que requiere la especie para existir ocurran en un espacio geográfico reducido, además, con una ubicación geográfica distinta a la actual. Ese desfasamiento adaptativo causará

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

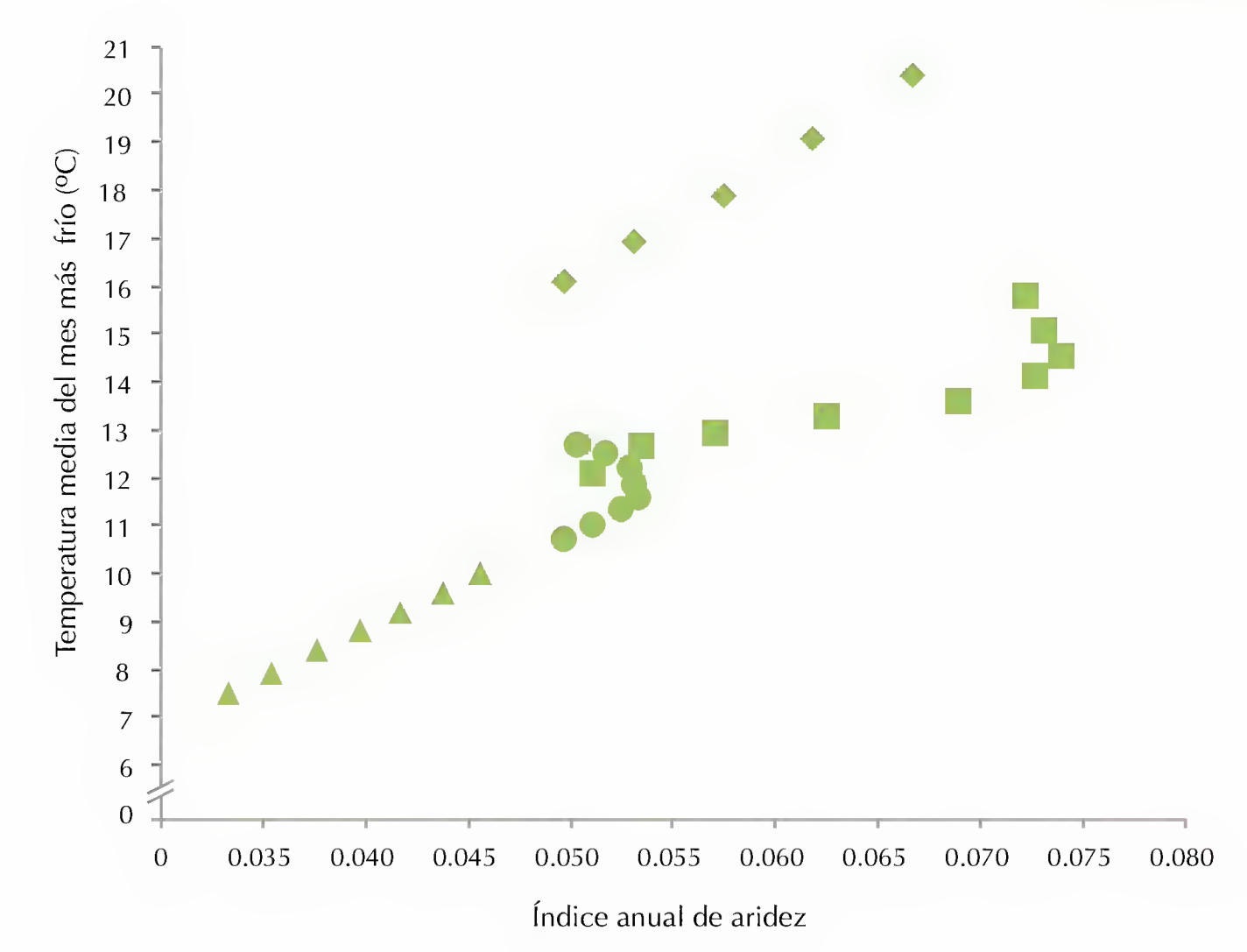


FIGURA 2. Espacio climático, expresado como índice de aridez *vs*. temperatura media del mes más frío, para poblaciones naturales de cuatro especies de pinos de Michoacán, distribuidas a través de transectos altitudinales. Valores elevados del índice indican mayor temperatura y menor precipitación; es decir, un clima más árido. Fuente: elaboración propia, modificado de Sáenz-Romero *et al.* 2010.

estrés progresivo en las poblaciones naturales, debilitando a los individuos y haciéndolos más susceptibles al daño por plagas y enfermedades (Sturrock *et al.* 2011), lo que eventualmente causará su muerte. Aún si sobreviviera un número reducido de individuos en cada población, a largo plazo causaría endogamia (consanguinidad), lo cual tiene efectos de severa depresión del crecimiento de los árboles de la especie (Ledig 2012). Las condiciones de estrés por calor y la menor precipitación también inducirán depresión del crecimiento, lo que impactará de forma negativa las posibilidades maderables de las áreas bajo aprovechamiento comercial, como son las de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

RECOMENDACIONES

Una de las alternativas de manejo para la conservación de la especie es realizar la migración asistida, mediante la colecta de semilla en las poblaciones actuales y producir planta en vivero con el objeto de reforestar a mayor altitud.

Para la región de Nuevo San Juan Parangaricutiro se ha estimado que es necesario favorecer la migración de las poblaciones a 300 m más de elevación (Sáenz-Romero *et al.* 2012*b*). Esto, desde luego, implicaría alterar la composición actual de las comunidades vegetales, en el sentido de que los individuos plantados podrían competir con mayor éxito (por estar mejor adaptados al nuevo clima), que los miembros de la comunidad original (que gradualmente estarán cada vez más desadaptados); por ejemplo, una opción sería empezar la migración asistida plantando en sitios perturbados por deforestación, cambio de uso del suelo u otras causas.

En Nuevo San Juan Parangaricutiro se han observado sitios, en la parte baja de la distribución altitudinal de *P. pseudostrobus*, en donde numerosos individuos de la especie presentan signos de decaimiento (severa defoliación, ramas muertas), incluso algunos árboles ya están muertos.

La recomendación sería ya no reforestar con *P. pseudostrobus*, sino con la especie de conífera que se distribuye a una altitud inmediata inferior, que es *Pinus devoniana*. El remplazo de especies y poblaciones locales por otras no locales (originadas a menor altitud) implica un cambio importante en el paradigma de la restauración ecológica: "lo local es lo mejor" (Hobbs *et al.* 2009), también implica cambios en las actuales políticas de manejo de la COFOM, la CONAFOR y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

El cambio en el clima ocasionará una reducción del hábitat climático propicio para *P. pseudostrobus,* una de las especies de pino de Michoacán de mayor importancia económica y ecológica. Parece ser que la especie es particularmente vulnerable al cambio climático, al estar adaptada a un intervalo muy estrecho de combinación de valores de temperatura y precipitación. Una alternativa es plantar la especie a una altitud 300 m mayor que el sitio de origen de la semilla, a fin de que las poblaciones puedan evadir el clima más caliente y más seco que ocurrirá en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento de la CONABIO (CONABIO-JM036) y de la Coordinación de Investigación Científica de la UMSNH.

REFERENCIAS

Allen, C.D., A.K. Macalady, H. Chenchouni *et al.* 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259(4):660-684.

Blanco-García, A., C. Sáenz-Romero, P. Alvarado-Sosa y R. Lindig-Cisneros. 2008. Native pine species performance in response to age at planting and mulching in a site affected by volcanic ash deposition. *New Forests* 36:299-305.

Gómez-Romero M, J., C. Soto-Correa, J.A. Blanco-García *et al.* 2012. Ensayo de especies de pino para restauración de sitios degradados (Test of pine species for restoration of degraded sites). *Agrociencia* 46(8):795-807.

Hansen, J., M. Sato y R. Ruedy. 2012. Perception of climate change. *Proceedings of National Academy of Sciences* 109(37):E2415-E2423.

Hobbs, R.J., E. Higgs y J.A. Harris. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution* 24(11):599-605.

Ledig, F.T. 2012. Climate change and conservation. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 8(2012):57-74.

López-Upton, J. 2002. *Pinus pseudostrobus* Lindl. En: *Tropical tree seed manual.* J.A. Vozzo (ed.). USDA Forest Service, Washington, pp. 636-638.

Rehfeldt, G.E., N.L. Crookston, C. Sáenz-Romero y E. Campbell. 2012. North American vegetation model for land-use planning in a changing climate: a solution to large classification problems. *Ecological Applications* 22(1):119-141.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston *et al.* 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for México and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic change* 102(3-4):595-623.

——. 2012*a*. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México; impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):333-345.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, J.C. Soto-Correa *et al.* 2012*b*. Altitudinal genetic variation among *Pinus pseudostrobus* populations from Michoacán, México: two location shade house test results. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(2):111-120.

Sánchez-Pego, M.A. 1995. The forestry enterprise of the indigenous community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. En: *Proceedings symposium forestry in the americas: community based management and sustainability.* Institute for Environmental Studies and Land Tenure Center/University of Wisconsin-Madison, EUA, pp. 173-196.

Sturrock, R.N., S.J. Frankel, A.V. Brown *et al.* 2011. Climate change and forest diseases. *Plant Pathology* 60:133-149.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Angiospermas

SERGIO ZAMUDIO RUIZ Y ELEAZAR CARRANZA GONZÁLEZ

DESCRIPCIÓN

Las angiospermas (del griego *angeion*: vaso o conducto y *sperma*: semilla) también llamadas plantas con flores, se caracterizan por la presencia de éstas y porque desarrollan las semillas dentro del ovario. Son el grupo de plantas más conspicuo, diverso y abundante en el mundo actual; se encuentran en todos los hábitats y ecosistemas terrestres y predominan en casi cualquier tipo de vegetación, con excepción de los bosques de coníferas, así como de algunos ambientes acuáticos tanto de agua dulce como salada.

Según el registro fósil las angiospermas se originaron hace más de 140 millones de años, durante el periodo jurásico, y su abundancia se incrementó de forma notable en el cretácico. El grupo continúa diversificándose hasta la época moderna y se estima que en tiempos recientes existen en el mundo más de 230 mil especies de plantas con flores, incluidas en 12 650 géneros y cerca de 400 familias (Judd *et al.* 1999).

IMPORTANCIA

Las plantas con flores tienen importancia ecológica en el mundo actual, ya que contribuyen a mantener el equilibrio gaseoso de la atmósfera al producir oxígeno durante la fotosíntesis; son elementos fundamentales en la formación y conservación de los suelos, al aportar materia orgánica y permitir la infiltración del agua de lluvia para mantener los acuíferos; además, son la base de la pirámide alimenticia y forman parte del hábitat de la fauna local, contribuyendo a mantener el equilibrio de los ecosistemas y al bienestar de la humanidad.

El ser humano mantiene una estrecha relación con las plantas, ya que éstas son la base para la alimentación humana y de los animales domésticos, pues de ellas se obtienen múltiples productos alimenticios, como avena, arroz, frijol, maíz, sorgo, etc.; además, son fuente de innumerables productos que se usan en la medicina, construcción y en la industria.

DIVERSIDAD

No se cuenta con un inventario completo de las angiospermas de México, pero la diversidad de la flora fanerogámica del país (que incluye angiospermas y gimnospermas) ha sido calculada entre 18 y 22 mil especies, cerca de 2 410 géneros y 220 familias (Rzedowski 1978, 1993); otros autores elevan esta cifra hasta 28 mil especies o más (Toledo 1988, Villaseñor 2003, Espejo *et al.* 2004).

A pesar de que no se tiene un conocimiento completo de las plantas con flores de la entidad; se ha intentado reunir la información disponible en diversas fuentes (Rodríguez-Jiménez y Espinosa-Garduño 1995, 1996*a*, *b*;

Zamudio, S. y E. Carranza González. 2019. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 229-238.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Espinosa-Garduño y Rodríguez Jiménez 1995, 1996), y con base en la literatura especializada sobre el tema y la revisión de ejemplares de los principales herbarios mexicanos, se ha compilado una lista de las angiospermas y gimnospermas de Michoacán. Tal esfuerzo dio como resultado el registro de 182 familias botánicas, 1 198 géneros y 4 659 especies.

Este recuento es de inestimable valor, pero aún se considera preliminar, pues desafortunadamente se incluyeron en él algunos nombres que son sinónimos, así como plantas cultivadas o exóticas (provenientes de otros países e introducidas a México, ya sea intencional o accidentalmente), y además se incorporó una importante fracción de identificaciones imprecisas, tentativas o equivocadas.

Para elaborar el listado que aquí se presenta, se han tomado como base las listas existentes, además de recabar la información disponible en la literatura especializada, sobre todo de revistas en que se publican las nuevas especies y los fascículos publicados de la *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* (Rzedowski y Calderón 1991-2016), así como en los tomos publicados de la *Flora Novogaliciana* (MacVaugh 1974, 1983, 1984, 1985, 1987, 1989, 1992, 1993, 2001); además, se consultó la base de datos del herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C.

La lista obtenida se presenta en el apéndice 26, ordenada de acuerdo con el sistema de clasificación de Cronquist (1981) e incluye sólo las plantas silvestres nativas de México (se excluyeron las plantas cultivadas e introducidas). Los nombres fueron revisados y la lista fue depurada para evitar en lo posible la ocurrencia de sinónimos; también se registra la presencia de las especies por provincia fisiográfica.

Hasta el momento se ha confirmado la presencia de 4 928 especies, 118 subespecies, 406 variedades y tres formas de angiospermas, incluidas en 1 288 géneros y 189 familias (apéndice 26). Estas cifras corresponden a cerca de la cuarta parte del valor estimado para la flora fanerogámica de todo el país, e incrementa la lista presentada por Rodríguez-Jiménez y Espinosa-Garduño (1995, 1996*a*, 1996*b*) y Espinosa-Garduño y Rodríguez Jiménez (1995, 1996), en 90 géneros y 269 especies.

Además, supera las expectativas de Rzedowski (2003) y Carranza (2005), quienes estimaron que la lista completa de angiospermas presentes en el estado podría ascender a unas cinco mil especies, incluidas en un poco más de mil géneros.

A pesar de lo anterior, la lista debe considerarse preliminar, ya que faltan muchas regiones del estado por explorar y colectar sistemáticamente. De acuerdo con Rzedowski (2003), todavía queda por registrar o descubrir cerca de 20% de la flora de la entidad, que corresponde a plantas ya descritas pero que no se han registrado en el estado, o bien a especies nuevas que aún no se han descubierto. Es muy probable que con una colecta de mayor intensidad en las diferentes regiones del estado, la lista se incremente a una cifra que se calcula entre seis y siete mil especies, que es lo esperado tomando en cuenta lo conocido para otras entidades de la vertiente del Pacífico Mexicano, o para aquellos estados del país que tienen en su territorio costas y cadenas montañosas, lo que ocasiona una compleja distribución de los climas y de la vegetación (cuadro 1).

CUADRO 1. Diversidad florística de algunos estados del país con territorios que presentan costas y montañas.

Estado	Número de especies	Referencias
Oaxaca	8 903	García Mendoza y Meave 2011
Veracruz	7 690	Sosa y Gómez-Pompa 1994
Chiapas	7 018	Breedlove 1986
Jalisco	6 734	Ramírez Delgadillo *et al.* 2010
Guerrero	6 500	Diego 1990
Sinaloa	5 000	Vega 1990
Michoacán	4 928	Este trabajo

Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 26.

Michoacán se encuentra entre las entidades más diversas de México y debe considerarse una región privilegiada florísticamente, aunque por debajo de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (Rzedowski 2003), pero con una riqueza florística comparable a la de Guerrero y Jalisco, estados vecinos con los que comparte muchos de los rasgos geográficos y una porción importante de su flora (cuadro 1).

Las 10 familias más diversas en el estado son Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Orchidaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Solanaceae y Lamiaceae; cada una representada por más de 100 especies, y que en conjunto reúnen 43.2% de los géneros y 53.8% de las especies (cuadro 2).

Entre los géneros que aportan 30 o más especies a la flora de Michoacán se pueden mencionar *Ipomoea* (79), *Euphorbia* (65), *Salvia* (64), *Cyperus* (49), *Solanum* (49), *Desmodium* (46), *Bursera* (42), *Tillandsia* (40), *Ageratina* (39), *Muhlenbergia* (37), *Quercus* (34), *Stevia* (34), *Acalypha* (32), *Verbesina* (32), *Dalea* (31) y *Paspalum* (30); ellos reúnen 703 especies, lo que representa cerca de 14% del total registrado para el estado (cuadro 3).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Familias de plantas con flores más diversas.

Familia	Género	Especies
Asteraceae	165	714
Fabaceae	100	540
Poaceae	99	367
Orchidaceae	71	260
Euphorbiaceae	19	157
Malvaceae	44	139
Convolvulaceae	11	132
Cyperaceae	14	116
Solanaceae	19	112
Lamiaceae	15	112

El número de especies no incluye infraespecies.
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 26.

CUADRO 3. Géneros de plantas con flores más diversos.

Familia	Género	Especies
Convolvulaceae	*Ipomoea*	79
Euphorbiaceae	*Euphorbia*	65
Lamiaceae	*Salvia*	64
Cyperaceae	*Cyperus*	49
Solanaceae	*Solanum*	49
Fabaceae	*Desmodium*	46
Burseraceae	*Bursera*	42
Bromeliaceae	*Tillandsia*	40
Asteraceae	*Ageratina*	39
Poaceae	*Muhlenbergia*	37
Fagaceae	*Quercus*	34
Asteraceae	*Stevia*	34
Euphorbiaceae	*Acalypha*	32
Asteraceae	*Verbesina*	32
Fabaceae	*Dalea*	31
Poaceae	*Paspalum*	30
Total		**703**

El número de especies no incluye infraespecies.
Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 26.

DISTRIBUCIÓN

Con respecto a la diversidad vegetal registrada por provincias fisiográficas en el estado, la porción correspondiente al Sistema Volcánico Transversal muestra la mayor diversidad; le siguen la Sierra Madre del Sur, la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, la Llanura Costera y, finalmente, la Altiplanicie (cuadro 4).

CUADRO 4. Riqueza de especies de plantas con flores por provincia fisiográfica.

Provincia fisiográfica	Superficie (km^2)	Número de especies
Llanura Costera	782	704
Sierra Madre del Sur	13 929	1 776
Depresión del Balsas-Tepalcatepec	7 423	1 519
Sistema Volcánico Transversal	33 492	3 923
Altiplanicie	3 905	481

Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 26.

Aunque el Sistema Volcánico Transversal ostenta la mayor diversidad y superficie en el estado, no hay correlación directa entre la superficie y la diversidad vegetal; las diferencias encontradas podrían explicarse por factores como la heterogeneidad ambiental y la historia geológica de cada provincia.

Cabe resaltar que la intensidad de colecta ha sido mayor en la parte norte del estado (explorada desde la Colonia) y corresponde a la Altiplanicie y al Sistema Volcánico Transversal, en donde se asientan las principales ciudades y existen mejores vías de comunicación; en cambio, la Llanura Costera, la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec han sido menos exploradas y colectadas, tanto por su lejanía de la capital del estado, como por la dificultad para recorrerlas dadas las escasas vías de comunicación y por la inseguridad imperante en el estado.

La riqueza florística y notable variedad ambiental de la entidad se manifiestan como un complejo mosaico de comunidades bióticas. Rzedowski (2003) reconoce siete tipos principales de vegetación para el estado: bosque tropical subperennifolio, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de coníferas y vegetación acuática y subacuática; además de algunos otros tipos de extensión muy reducida, como palmar, vegetación de dunas costeras y pastizal.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

AFINIDADES GEOGRÁFICAS Y ENDEMISMOS

La afinidad entre las floras de la Altiplanicie, la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y la Llanura Costera tiene un patente sello tropical, con clara vinculación hacia las tierras bajas de Centro y de Sudamérica (Rzedowski 2003). En los bosques tropicales abundan los miembros de las familias Anacardiaceae, Burseraceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae y Moraceae; cuyos numerosos representantes arbóreos y arbustivos son componentes importantes de estas comunidades. En cambio, las regiones con clima templado de la parte alta de las sierras, en las provincias Sierra Madre del Sur y Sistema Volcánico Transversal, tienen relación tanto con la flora de los Andes como con la de tierras ubicadas a mayores latitudes en el hemisferio norte (Rzedowski 2003).

En esos ambientes se registran 34 especies de encinos que son dominantes en los extensos bosques que crecen en las regiones montañosas de la entidad; sin embargo, ninguna de ellas se restringe al estado, y sus áreas de distribución sobrepasan los límites de la entidad. En los bosques de encinos y coníferas los estratos arbustivo y herbáceo están dominados por representantes de los géneros *Ageratina*, *Bidens*, *Eupatorium* y *Senecio* (Asteraceae); *Salvia*, *Scutellaria* y *Stachys* (Lamiaceae) y *Solanum*, *Cestrum* y *Physalis* (Solanaceae), entre otros.

Es significativa también la presencia de una importante proporción de elementos autóctonos o propios y exclusivos de la flora del país. Los endemismos estrictos al territorio del estado se restringen al género *Beiselia* y cerca de 200 especies más (Rzedowski 2003, Carranza 2005).

Estos endemismos se concentran sobre todo en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, en particular en los alrededores de la presa Infiernillo y en la región de Apatzingán, y en la Sierra Madre del Sur en la sierra de Aquila-Coalcomán (Rzedowski 2003). Entre los elementos endémicos destaca la familia Burseraceae con los géneros *Beiselia* (una especie) y *Bursera* (43 especies), todas restringidas en su mayor parte a la cuenca del río Balsas. Se pueden mencionar como elementos endémicos estrictos al territorio de la entidad a *Beiselia mexicana*, *Bursera madrigali*, *B. occulta* y *B. staphyleoides*.

El componente endémico, entre los árboles, incluye 15 especies que se localizan en 18 municipios, sobresaliendo Morelia en el Sistema Volcánico Transversal, con *Diospyros xolocotzii*, *Bursera madrigali*, *Salix aeruginosa* y *Vernonia solorzanoana*, seguido por Coalcomán en la Sierra Madre del Sur con *Bourreria longiflora*, *Bursera occulta* y *Pinus rzedowski*, Aquila en la Llanura Costera con *Beiselia mexicana* y *Bursera occulta*, y en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec destacan Arteaga con *Gossypium schwendimanii* y *Jatropha stephani*, Churumuco con

CUADRO 5. Especies endémicas de árboles con flores.

Especie	Distribución	Provincia fisiográfica
Arachnotrhyx michoacana	Aguililla	Sierra Madre del Sur
Beiselia mexicana	Aquila	Llanura Costera
Bourreria longiflira	Coalcomán	Sierra Madre del Sur
Bursera madrigalii	Benito Juárez, Jungapeo, Morelia, Tzitzio	Sistema Volcánico Transversal
B. occulta	Aquila, Coalcomán	Llanura Costera
B. staphyleoides	Apatzingán	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
Diospyros xolocotzii	Morelia	Sistema Volcánico Transversal
Gossypium lobatum	Churumuco, La Huacana, Gabriel Zamora	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
G. schwendimanii	Arteaga, Churumuco	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
Jatropha pereziae	Tepalcatepec	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
J. stephani	Arteaga, La Huacana	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
Pachycereus tepamo	La Huacana	Depresión del Balsas-Tepalcatepec
Pinus rzedowski	Coalcomán	Sierra Madre del Sur
Salix aeruginosa	Charo, Indaparapeo, Morelia, Tlalpujahua, Zinapécuaro	Sistema Volcánico Transversal
Vernonia solorzanoana	Morelia	Sistema Volcánico Transversal

Fuente: elaboración propia con datos de Cué-Bär *et al.* 2006.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gossypium lobatum y *G. schwendimanii* y La Huacana con *G. lobatum*, *Jatropha stephani* y *Pachycereus tepamo* (cuadro 5).

Otras 20 especies pueden considerarse cuasi endémicas, pues se comparten con una entidad más del país (Cué-Bär *et al.* 2006). Entre éstas hay varias endémicas a la cuenca del río Balsas, que se comparten con Guerrero, como *Bursera coyucensis*, *B. fragrantissima*, *B. paradoxa*, *B. sarukhanii*, *Lonchocarpus balsensis*, *L. huetamoensis* y *L. longipedunculatus*; mientras que *Bursera confusa* y *B. ribana se* comparten sólo con Jalisco. Es importante destacar que la cuenca del río Balsas ha funcionado como un importante centro de diversificación del género *Bursera* en México, así como para géneros de otras familias, como Cactaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae (Miranda 1947, Rzedowski 1978, Cué-Bär *et al.* 2006).

Es muy probable que con exploraciones futuras se incremente de forma considerable el número de plantas propias de la entidad, puesto que, en regiones poco exploradas como la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y la Sierra Madre del Sur se sabe se concentran cantidades elevadas de especies endémicas (Rzedowski 2003, Carranza 2005).

ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

Al cotejar la lista de especies con la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010), se registraron 99 especies que se ubican en alguna de las categorías de protección: 46 amenazadas, 40 sujetas a protección especial y 13 en peligro de extinción (cuadro 6). Según Cué-Bär *et al.* (2006), 20 especies más de árboles se incluyen en la lista de la UICN.

ALGUNOS CASOS RELEVANTES

Los datos sobre especies de plantas con flores consideradas en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT, 2010, vistos de manera aislada no representan de forma correcta la magnitud del problema ambiental que se vive en el estado, por eso es importante ponerlos en contexto.

Un ejemplo claro es el caso de los manglares que se han reducido de forma drástica debido a la desecación de las lagunas costeras donde crecen como producto del desarrollo de complejos urbanos, puertos o zonas turísticas. Las especies de mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*) se consideran actualmente amenazadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010).

La desecación de lagos, lagunas y charcos perennes también representa una amenaza para las plantas acuáticas, lo que las coloca en alguna categoría de protección (SEMARNAT 2010), como amenazadas (A), en peligro de extinción (P) o protección especial (Pr); tal es el caso de: *Bravaisia integerrima* (A), *Potamogeton amplifolius* (P), *P. natans* (Pr), *Nymphaea gracilis* (A), *N. mexicana* (A) y *N. odorata* (Pr), entre otras (cuadro 6).

Un caso parecido ocurre con el bosque mesófilo de montaña. Este ecosistema ha sido afectado por la deforestación para transformar los terrenos en áreas agrícolas o potreros, al grado que varias de las especies que son importantes en su estructura se encuentran en la NOM-059 bajo protección (SEMARNAT 2010), tal es el caso de *Acer negundo* (Pr), *Carpinus caroliniana* (A), *Ostrya virginiana* (Pr), *Juglans pyriformis* (A), *Magnolia iltisiana* (A), *M. schiedeana* (A) y *Tilia americana* var. *mexicana* (P).

De igual manera, algunos representantes importantes del bosque tropical subperennifolio están considerados en alguna categoría de protección, como: gateado (*Astronium graveolens*), barí o leche maría (*Calophyllum brasiliense*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), cacahuananche (*Licania arborea*), palma real (*Orbignya guacuyule*), primavera (*Tabebuia chrysantha* y *T. palmeri*; cuadro 6).

Muchos elementos característicos del bosque tropical caducifolio también se consideran amenazados, en peligro de extinción o con protección especial (SEMARNAT 2010; cuadro 6). Entre ellos se puede mencionar a: *Bursera arborea, Euphorbia coalcomanensis, Guaiacum coulteri* y *Sideroxylon capiri* en la categoría de amenazada; *Bursera coyucensis*, *Backebergia militaris*, *Peniocereus cuixmalensis* y *Peniocereus tepalcatepecanus* bajo protección especial; y *Dalbergia congestiflora*, *D. granadillo*, *Melocactus curvispinus* y *Platymiscium lasiocarpum* en la categoría de peligro de extinción.

Un caso especial es el del zapote prieto (*Diospyros xolocotzii*), especie endémica que fue descubierta en 1985 en el manantial de La Mintzita, en las inmediaciones de la ciudad de Morelia, y descrita en 1988 (véase Estudio de caso. El zapote prieto, en esta obra). Se encuentra en peligro de extinción en la norma oficial mexicana (SEMARNAT 2010), su población es tan baja que al principio se calculó en 20 individuos y posteriormente se documentaron 56 más (31 árboles jóvenes, 16 adultos masculinos y nueve adultos femeninos), sin que se apreciaran plántulas (Torres y Arizaga 2014).

El hábitat circundante al manantial está sujeto a intensa perturbación por el cambio de uso del suelo, sobre todo con fines agropecuarios y para asentamientos humanos, por lo que los individuos de zapote prieto han quedado confinados a los linderos de los campos de cultivos, a los patios de las casas y en menor propor-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Especies de plantas con flores consideradas en alguna categoría de la NOM-059.

Familia	Nombre científico	NOM-059
Acanthaceae	*Bravaisia integerrima*	A
Aceraceae	*Acer negundo* var. *mexicanum*	Pr
Actinidiaceae	*Saurauia serrata*	Pr
Agavaceae	*Furcraea parmentieri*	A
	Polianthes longiflora	Pr
Alismataceae	*Sagittaria macrophylla*	A
Amaryllidaceae	*Hymenocallis concinna*	P
	H. leavenworthii	A
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	A
Arecaceae	*Brahea nitida*	Pr
	Chamaedorea pochutlensis	A
	Cryosophila nana	A
	Orbignya guacuyule	Pr
	Sabal pumos	Pr
Asteraceae	*Dahlia scapigera* var. *scapigera*	Pr
	D. tenuicaulis	Pr
	Zinnia violacea	A
Betulaceae	*Carpinus caroliniana*	A
	Ostrya virginiana	Pr
Bignoniaceae	*Handroanthus impetiginosus**	A
	Tabebuia chrysantha	A
Bixaceae	*Amoreuxia palmatifida*	Pr
	A. wrightii	P
Bromeliaceae	*Tillandsia pueblensis*	A
	T. roland-gosselinii	A
	T. seleriana	A
Burseraceae	*Bursera arborea*	A
	B. coyucensis	Pr
Cabombaceae	*Brasenia schreberi*	A
Cactaceae	*Backebergia militaris*	Pr
	Peniocereus cuixmalensis	Pr
	P. tepalcatepecanus	Pr
Calochortaceae	*Calochortus foliosus*	Pr
Caprifoliaceae	*Valeriana pratensis*	Pr
Celastraceae	*Zinowiewia concinna*	P
Chrysobalanaceae	*Licania arborea*	A
Clusiaceae	*Calophyllum brasiliense*	A
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	A
	Laguncularia racemosa	A

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Continuación.

Familia	Nombre científico	NOM-059
Ebenaceae	*Diospyros conzattii*	P
	D. xolocotzii	P
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor* subsp. *discolor*	Pr
	C. discolor subsp. *rupestris*	Pr
	Monotropa hypopitys	Pr
Euphorbiaceae	*Euphorbia coalcomanensis*	A
	Sapium macrocarpum	A
Fabaceae	*Acosmium panamense*	A
	Dalbergia congestiflora	P
	D. granadillo	P
	Platymiscium lasiocarpum	P
Gentianaceae	*Gentiana caliculata*	Pr
	G. spathacea	Pr
Iridaceae	*Tigridia flammea*	Pr
Juglandaceae	*Juglans major*	A
	J. pyriformis	A
Juncaginaceae	*Triglochin mexicana*	A
Lauraceae	*Litsea glaucescens*	P
Magnoliaceae	*Magnolia iltisiana*	A
	M. schiedeana	A
Malvaceae	*Hibiscus spiralis*	A
	Phymosia rosea	Pr
	Tilia americana var. *mexicana*	P
Mayacaceae	*Mayaca fluviatilis*	Pr
Melanthiaceae	*Anticlea virescens*	Pr
	Schoenocaulon pringlei	Pr
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Pr
Nymphaeaceae	*Nymphaea gracilis*	A
	N. mexicana	A
	N. odorata subsp. *odorata*	A
Orchidaceae	*Barkeria scandens*	Pr
	B. shoemakeri	Pr
	B. strophinx	A
	Brachystele sarcoglossa	Pr
	Clowesia glaucoglossa	Pr
	C. rosea	A
	Cuitlauzina pendula	A
	Cypripedium irapeanum	A
	Encyclia adenocaula	A
	E. pollardiana	Pr

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Continuación.

Familia	Nombre científico	NOM-059
Orchidaceae	*Laelia speciosa*	Pr
	Oncidium ensatum	Pr
	O. tigrinum	A
	O. unguiculatum	A
	Prosthechea citrina	Pr
	Rhynchostele cervantesii	A
	Rossioglossum insleayi	A
Podostemaceae	*Oserya coulteriana*	Pr
Pontederiaceae	*Eichhornia azurea*	P
Potamogetonaceae	*Potamogeton amplifolius*	P
	P. natans	Pr
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	A
Rubiaceae	*Balmea stormiae*	Pr
	Bouvardia rosei	Pr
Salicaceae	*Populus simaroa*	Pr
Sapotaceae	*Sideroxylon capiri* subsp. *tempisque*	A
	S. cartilagineum	P
Verbenaceae	*Avicennia germinans*	A
Zygophyllaceae	*Guaiacum coulteri*	A
	G. sanctum	A

*Sinónimo: *Tabebuia palmeri*. A: amenazada, P: en peligro de extinción, Pr: sujeta a protección especial.
Fuente: SEMARNAT 2010.

ción en la vegetación secundaria. Es claro que en la situación actual no tienen ninguna posibilidad de reproducirse, por lo que se consideran muy vulnerables y podrían desaparecer en un futuro cercano (Madrigal-Sánchez y Rzedowski 1988, Sánchez-Atanacio 2009, Torres y Arizaga 2014).

El anterior hecho atrajo la atención de agrónomos y ecólogos, quienes iniciaron diversos estudios para encontrar la forma de reproducir el árbol en vivero y acelerar su regeneración; a la par, se ha tratado de conservar el paraje y se hicieron exploraciones en busca de nuevas localidades en ambientes mejor conservados. Así, se encontraron tres localidades más que incluyen un árbol masculino en Santa María de Guido, cinco individuos en Santiago Undameo y una población mayor en una cañada de Guanajuato, en las inmediaciones del lago de Cuitzeo, compuesta por alrededor de 1 500 individuos. Sin embargo, en las observaciones en campo no se encontraron plántulas que evidenciaran su regeneración. Las poblaciones registradas de Michoacán están prácticamente extintas, por lo que es urgente encaminar acciones para preservar los pocos individuos sobrevivientes (Torres y Arizaga 2014).

Otro caso interesante es el de la orquídea terrestre *Cypripedium irapeanum*, llamada comúnmente pichohuastle, que tiene flores grandes de color amarillo y es muy apreciada por los coleccionistas y aficionados al cultivo de orquídeas. Esta especie fue descrita originalmente por los botánicos mexicanos Pablo de la Llave y Juan Lexarza, en 1825, basados en una colecta de las montañas de Irapeo, que entonces era una hacienda y ahora permanece como una población cercana a Morelia. La planta crece sobre suelos arcillosos, en cañadas húmedas, entre el bosque de pino-encino y aún se puede encontrar en las montañas cercanas a Morelia y Uruapan. Debido a que su cultivo no es fácil, no se ha reproducido en invernadero, por lo que desde hace tiempo sus poblaciones silvestres han sido saqueadas, año tras año, para ser vendidas en el comercio ilegal. Este hecho, aunado a la destrucción de los bosques en que vive por la tala ilegal y recientemente por el establecimiento de huertos de aguacate, está transformando de forma drástica su hábitat y causando la declinación

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de las poblaciones ya de por sí escasas, lo que la mantiene en la categoría de amenazada, según la NOM-059, y en inminente peligro de desaparecer (Castaño 1972, Cribb y Soto-Arenas 1993).

Estos son sólo algunos ejemplos de especies de flora amenazada; no se han presentado más debido a que en la mayoría de los casos no se cuenta con la evaluación o se desconoce la situación de sus poblaciones, por esta razón es necesario seguir estudiando los componentes vegetales del estado, su dinámica, ciclos y procesos biológicos, para poder aspirar a conocerlos y conservarlos de manera adecuada.

CONCLUSIONES

La lista presentada debe considerarse preliminar, ya que quedan varias regiones del estado por explorar y colectar de forma sistemática. Las colectas botánicas deben seguir realizándose en la entidad, sobre todo en las provincias fisiográficas menos conocidas, como la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, la Llanura Costera y la Sierra Madre del Sur. Se proyecta que con exploraciones futuras se incremente de forma considerable el número de especies presentes en la entidad a una cifra entre seis y siete mil.

A pesar de que el estado sobresale por su riqueza vegetal, muchos elementos de su vegetación se encuentran en peligro de extinción debido a los fuertes procesos de cambio de uso del suelo que se presentan en la entidad, caracterizados por la destrucción de los bosques, la explotación forestal, la apertura de terrenos al cultivo y para habilitar potreros, el desarrollo urbano y, en los últimos años, para establecer huertas de aguacate. En tal virtud, es preciso implementar sin demora esfuerzos tendientes a la conservación de este valioso recurso, antes de que se pierda por completo (Rzedowski 2003).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda de Karina Grajales y Lucila Oceguera en la revisión de la base de datos, a Anna Paizanni, Emmanuel Pérez, Jerzy Rzedowski, la revisión de las familias Aristolochiaceae, Scrophulariaceae y Compositae, respectivamente.

REFERENCIAS

Breedlove, D.E. 1986. *Listados florísticos de México IV. Flora de Chiapas.* Instituto de Biología-UNAM, México.

Carranza, E. 2005. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado.* L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 73-75.

Castaño, G. 1972. Bitácora en la vida del *Cypripedium irapeanum. Orquidea (México)* 4: 209-216.

Cribb, P. y M.A. Soto Arenas. 1993. The genus *Cypripedium* in Mexico and Central America. *Orquidea (México)* 13(1-3):205-214.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants.* Columbia University Press, EUA.

Cué-Bär, E., J.L. Villaseñor, L. Arredondo-Amezcua *et al.* 2006. La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78:47-81.

Diego, N. 1990. Flora del estado de Guerrero. En: *Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica.* Sociedad Botánica de México, México.

Espejo, A., A.R. López-Ferrari e I. Salgado-Ugarte. 2004. A current estimate of Angiosperm diversity in Mexico. *Taxon* 53(1):127-130.

Espinosa-Garduño, J. y L.S. Rodríguez-Jiménez. 1995. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección II. (Angiospermae: Compositae). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Fascículo complementario VII. Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

——. 1996. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección IV. (Angiospermae: Fagaceae, Gramineae, Krameriaceae y Leguminosae). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Fascículo complementario XII. Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

García-Mendoza, A.J. y J.A. Meave. 2011. *Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas. (Colecciones y listas de especies).* Instituto de Biología-UNAM, México.

Judd, W.S., Ch. S. Campbell, E.A. Kellogg y P.F. Stevens. 1999. *Plant systematic. aphylogenetic approach.* Sinauer Associates, EUA.

Madrigal-Sánchez, X. y J. Rzedowski. 1988. Una especie nueva de *Diospyros* (Ebenaceae) del municipio de Morelia, estado de Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 1:3-6.

McVaugh, R. 1974. Fagaceae. *Flora Novo-Galiciana* 12:1-93.

——. 1983. Gramineae. *Flora Novo-Galiciana* 14:1-436.

——. 1984. Compositae. *Flora Novo-Galiciana* 12:1-1157.

——. 1985. Orchidaceae. *Flora Novo-Galiciana* 16:1-363.

——. 1987. Leguminosae. *Flora Novo-Galiciana* 5:1-786.

——. 1989. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. *Flora Novo-Galiciana* 15:1-398.

——. 1992. Gymnosperms and Pteridophytes. *Flora Novo-Galiciana* 17:1-467.

——. 1993. Limnocharitaceae to Typhaceae. *Flora Novo-Galiciana* 13:1-480.

——. 2001. Ochnaceae to Loasaceae. *Flora Novo-Galiciana* 3:1-715.

Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México y rasgos de la vegetación en la cuenca del río Balsas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 8:95-114.

Ramírez-Delgadillo, R., O. Vargas-Ponce, H.J. Arreola-Nava *et al.* 2010. *Catálogo de plantas vasculares de Jalisco.* Universidad de Guadalajara/Sociedad Botánica de México/UAM, México.

Rodríguez-Jiménez, L.S. y J. Espinosa-Garduño. 1995. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección I (Gymnospermae: Angiospermae: Acantaceae-Commelinaceae). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Fascículo complementario VI. Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

——. 1996*a*. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección III (Angiospermae: Connaraceae-Myrtaceae, excepto Fagaceae, Gramineae, Krameriaceae y Leguminosae). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Fascículo complementario X. Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

——. 1996*b*. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección V (Angiospermae: Najadaceae-Zygophyllaceae). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario XV. Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México.

——. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 129-144.

——. 2003. Vegetación. En: *Atlas geográfico del estado de Michoacán*. V. Durán-Carmona y F. Sevilla-Palacios (coords.). Secretaría de Educación en el Estado de Michoacán/UMSNH/Editorial y Distribuidora Eddisa S.A. de C.V., Michoacán, pp. 63-66.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (eds.). 1991-2014. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Instituto de Ecología, A.C., Michoacán.

Sánchez-Atanacio, F. 2009. *Bases ecológicas y agronómicas del zapote prieto (Diospyros xolocotzii): una especie amenazada de Michoacán*. Tesis de licenciatura en agronomía. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sosa, V. y A. Gómez Pompa (comps.). 1994. *Lista florística. Flora de Veracruz*. Fascículo 82. Instituto de Ecología y Universidad de California, Veracruz.

Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y desarrollo* 81:17-30.

Torres, I. y S. Arizaga. 2014. Nota sobre nuevas localidades de poblaciones silvestres de zapote prieto (*Diospyros xolocotzii*, Ebenaceae), especie amenazada del occidente de México. *Acta Botanica Mexicana* 107:19-26.

Vega, R. 1990. Flora de Sinaloa. En: *Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica*. Sociedad Botánica de México, México.

Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28(3):160-167.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

La familia Convolvulaceae

ELEAZAR CARRANZA GONZÁLEZ Y JOSIANI ALCÁNTAR MEJÍA

INTRODUCCIÓN

Las convolvuláceas pertenecen a una familia de plantas con flores que se distribuye en todo el mundo, sobre todo en las regiones tropicales o subtropicales. Agrupa cerca de 56 géneros, en los que se incluyen más de 1 500 especies (Austin 1998, Simpson 2006). Se considera que este grupo de plantas ha tenido varios centros de diversificación; los géneros *Evolvulus* y *Jacquemontia* son más diversos en Sudamérica, mientras que *Falkia* y *Cladostigma* son endémicos de África (McDonald 1991).

México es considerado un centro de origen y radiación del género *Ipomoea*, uno de los más diversos de la flora en el país (McDonald 1991) y alcanza su más amplia diversificación en las zonas tropicales, especialmente en hábitats que han sido modificados por la acción humana (Rzedowski 1978, Carranza 2001).

DIVERSIDAD

En México la familia Convolvulaceae está representada por 15 a 17 géneros y cerca de 310 especies (Austin y Pedraza 1983, Carranza 1998, 2015), 11 de esos géneros se encuentran en Michoacán (*Convolvulus*, *Cressa*, *Cuscuta*, *Dichondra*, *Evolvulus*, *Ipomoea*, *Jacquemontia*, *Merremia*, *Porana*, *Operculina* y *Turbina*) y alcanzan un total de 134 especies e infraespecies (apéndice 26). Algunos integrantes de los géneros *Convolvulus*, *Evolvulus*, *Ipomoea*, *Merremia* y *Turbina*, son plantas trepadoras o enredaderas que se conocen de forma indistinta como hiedras, correyuelas o mantos, mientras que las plantas del género *Dichondra* (principalmente *D. micrantha*), son rastreras que con frecuencia forman parte importante del césped de muchos jardines públicos en las áreas urbanas y se les conoce como orejas de ratón.

De los géneros de Convolvulaceae presentes en el estado, *Ipomoea* agrupa el mayor número de especies (Carranza 2008, Alcántar 2011, Alcántar *et al.* 2012). Muchas especies de ese género son cultivadas como plantas ornamentales, conocidas como manto, manto de la virgen, quiebraplatos o trompetita.

En la entidad, hasta el momento se registran 80 taxones (apéndice 26), lo que representa entre 46 y 48% del total de especies conocidas para México, de las cuales hay dos endémicas a la entidad (*Ipomoea fissifolia* e *I. gloverae*), poniendo de manifiesto la importancia del género en el estado.

Las regiones mejor representadas en cuanto a diversidad se refiere se ubican en la porción occidental de la franja costera, junto con buena parte de la Sierra Madre del Sur (en la zona Aquila-Coalcomán), además de algunas zonas en el noreste del Sistema Volcánico Transversal.

Otro género que destaca es *Cuscuta*; lo conforman plantas semiparásitas conocidas como fideos, que se distinguen por sus largos tallos amarillentos o anaranjados que crecen sobre árboles o arbustos. De estas se han registrado alrededor de 22 especies e infraespecies (Costea *et al.* 2008, Costea y Stefanovic 2009, Wright *et al.* 2012, Carranza 2015), dos de las cuales son exclusivas de este territorio (*Cuscuta macvaughii* y *C. cotijana*).

Jacquemontia es otro género, está representado por ocho especies que se distribuyen con abundancia en las partes cálidas y subcálidas de baja altitud en todo el estado. Los géneros con menor cantidad de especies son: *Merremia* y *Evolvulus*, con seis especies cada uno; las pequeñas plantas del género *Dichondra* suman cuatro especies; las de *Convolvulus* tres; *Operculina* tiene dos representantes; y *Cressa*, *Porana* y *Turbina* tienen una especie cada uno.

CONCLUSIONES

Se han registrado hasta el momento en el estado 134 taxones, los cuales incluyen 132 especies, 11 variedades y tres subespecies, que en su mayoría prosperan mejor en lugares alterados. Asimismo, se encontraron cuatro especies endémicas a este territorio (*Cuscuta cotijana, C. macvaughii, Ipomoea fissifolia* e *I. gloverae*) que representan un poco más de 1% del total de convolvuláceas para México.

Además de conocer la presencia de los integrantes de este grupo, es necesario obtener más información sobre su distribución geográfica y ecológica, entender sus relaciones con otros organismos y conocer más sobre el estado de conservación en que se encuentran.

Carranza González, E. y J. Alcántar. 2019. La familia Convolvulaceae. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 239-240.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Por lo anterior, es importante realizar estudios sobre las interacciones entre estas plantas y sus polinizadores, así como entre ellas y el hombre, puesto que es muy diversa la población humana asentada en la entidad y se carece de información al respecto, sobre todo si se considera que los aspectos cultural y económico juegan un papel importante en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

Finalmente, para enriquecer el conocimiento de estas plantas en el territorio estatal, se deben llevar a cabo más exploraciones en las áreas menos conocidas.

REFERENCIAS

Alcántar, J. 2011. *Biogeografía y diversidad del género Ipomoea L. (Convolvulaceae) en el estado de Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Alcántar, J., E. Carranza, G. Cuevas y E. Cuevas. 2012. Distribución geográfica y ecológica de *Ipomoea* (Convolvulaceae) en el estado de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:731-741.

Austin, D.F. 1998. Convolvulaceae, morning glory family. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 30(2):61-83.

Austin, D.F. y R.A. Pedraza. 1983. Los géneros de Convolvulaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 44:3-16.

Carranza, E. 1998. *Las especies del género Ipomoea L. (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México: taxonomía, distribución geográfica y ecológica, usos y conservación*. Tesis de maestría en conservación y manejo de recursos naturales. UMSNH, Michoacán.

——. 2001. Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario 18.

——. 2008. Diversidad del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Michoacán, México. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario 23.

——. 2015. La familia Convolvulaceae en el estado de Michoacán. México (inédito).

Costea, M., F. Aiston y S. Stefanovic. 2008. Species delimitation, phylogenetic relationships, and two new species in the *Cuscuta gracillima* complex (Convolvulaceae). *Botany* 86:670-681.

Costea, M. y S. Stefanovic. 2009. Molecular phylogeny of the *Cuscuta californica* Complex (Convolvulaceae) and a new species from New Mexico and Trans-Pecos. *Systematic Botany* 34:570-579.

McDonald, J.A. 1991. Origin and diversity of Mexican Convolvulaceae. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Botánica* 62(1):65-82.

Simpson, M.G. 2006. *Plant systematics*. Elsevier Academic Press, Canadá.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.

Wright, M.A.R., M. Ianni y M. Costea. 2012. Diversity and evolution of pollen and ovule production in *Cuscuta* (Convolvulaceae) in relation to floral morphology. *Plant Systematic Evolution* 298:369-389.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

La familia Lamiaceae

SABINA IRENE LARA CABRERA, BRENDA YUDITH BEDOLLA GARCÍA, SERGIO ZAMUDIO RUIZ Y GABRIELA DOMÍNGUEZ VÁZQUEZ

DESCRIPCIÓN Y DIVERSIDAD

La familia Lamiaceae, también conocida como Labiatae, se ubica como la séptima familia más diversa en todo el mundo, con cerca de 7 500 especies organizadas en 236 géneros (RBG 2015), que incluyen hierbas, arbustos y de manera ocasional árboles; son individuos muy aromáticos, poseen tallos generalmente cuadrangulares, hojas opuestas, cáliz casi siempre con cinco lóbulos, corola tubular bilabiada, con cuatro o dos estambres, estilo por lo regular insertado entre las cuatro nuececillas que forman el fruto. Son características dos especies: *Salvia clinopodioides*, especie abundante, aunque restringida a la parte oeste del Sistema Volcánico Transversal, hierba perenne de hasta 1.3 m de alto, tallos pilosos, inflorescencia terminal, corola azul, bilabiada, caracterizada por presentar verticilos de apariencia globosa debido al gran número de flores (figura 1) y *Scutellaria jaliscana*, de distribución restringida a Jalisco y Michoacán, herbácea perenne de 50 cm de altura, con flores solitarias, cáliz con escutelo en la parte dorsal y corola azul de gran tamaño (figura 2; García 2001, Ramamoorthy y Elliott 1998).

De esta familia en México se encuentran 32 géneros y 591 especies nativas o naturalizadas, con un porcentaje de endemismo de 65.82%; se distribuyen principalmente a lo largo de las zonas montañosas y de manera primordial en el Sistema Volcánico Transversal (Martínez-Gordillo *et al.* 2013).

Para Michoacán se cuenta con una revisión completa de la familia (Lara-Cabrera *et al.* 2016), así como para el género *Salvia* (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez 2011), aunque también existen algunos listados estatales (Rodríguez y Espinosa 1996) y regionales (Medina y Rodríguez 1993, Medina *et al.* 2000, González-Gallegos *et al.* 2014).

FIGURA 1. *Salvia clinopodioides*. Foto: Sergio Zamudio.

CONOCIMIENTO DE LAS LAMIÁCEAS

En la entidad se reportan 15 géneros y 112 especies nativas o naturalizadas que representan una diversidad genérica de 47%, y a nivel de especies de 19%, con respecto a lo conocido para México (cuadro 1; apéndice 26). Además, se han encontrado 14 especies introducidas que son cultivadas para uso ornamental, culinario y medicinal. Aunque no se tratan en el análisis aquí presentado, se encuentran incluidas en los siguientes 10 géneros: *Clerodendrum*, *Leonotis*, *Marrubium*, *Prunella*, *Rosmarinus*, *Thymus* y *Origanum* con una especie; *Ocimum* y *Plectranthus* con dos y *Mentha* con tres.

Michoacán se ubica como uno de los estados más diversos de México, con una riqueza florística parecida a la reportada para Jalisco (González-Gallegos *et al.* 2014), Oaxaca (García-Mendoza y Meave 2011), Veracruz (Sosa y Gomez- Pompa 1994) y Chiapas (Domínguez-Vázquez *et al.* 2002). Los géneros *Salvia*, *Stachys*, *Hyptis* y *Scutellaria*, son los más diversos, con 64, 13, 11 y siete especies, respectivamente; el resto presentan

Lara-Cabrera, S.I., B.Y. Bedolla-García, S. Zamudio y G. Domínguez-Vázquez. 2019. La familia Lamiaceae. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 241-243.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. *Scutellaria jaliscana*. Foto: Sergio Zamudio.

CUADRO 1. Géneros y número de especies nativas y naturalizadas de Lamiaceae en el mundo, México y Michoacán.

Género	Mundo	México	Michoacán
Salvia	900	307	64
Scutellaria	301	56	7
Stachys	300	41	13
Hyptis	280	35	11
Vitex	250	4	2
Clinopodium	100	14	1
Hedeoma	42	29	1
Lepechinia	40	10	2
Agastache	22	12	1
Cunila	20	6	3
Monarda	17	6	1
Prunella	7	1	1
Marsypianthes	5	2	1
Asterohyptis	4	4	2
Clerodendrum	ND	ND	2*
Total	**2 288**	**527**	**112**

*Ver apéndice 26. ND: no determinado.
Fuente: elaboración propia con datos de Harley *et al.* 2004, Martínez-Gordillo *et al.* 2013, Lara-Cabrera *et al.* 2016.

entre una y tres especies. *Salvia* y *Stachys* son los únicos con especies endémicas a Michoacán, entre las que se encuentran *Salvia cyanantha, S. gravida, S. indigocephala, S. synodonta, S. vasquezii* subsp. *tancitaroensis* y *Stachys jaimehintonii*.

La alta diversidad florística del estado se explica por la existencia de ambientes muy contrastantes en las diferentes regiones fisiográficas que lo conforman (Llanura Costera, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Sistema Volcánico Transversal y Altiplanicie), lo que permite la presencia de una amplia variedad de comunidades vegetales que incluyen diversos bosques de ambientes templados y tropicales.

La mayoría de los géneros, con excepción de *Vitex*, son típicos de los ambientes boscosos del Sistema Volcánico Transversal, que habitan sobre todo en bosques de *Abies, Pinus, Quercus* y mesófilo de montaña. Los géneros *Asterohyptis, Hyptis, Salvia, Stachys* y *Vitex* se distribuyen en los bosques tropicales de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec; sin embargo, algunas especies como *Stachys eriantha* presentan distribución restringida, ya que sólo se encuentran en la vegetación alpina, por arriba de 2 700 msnm (Lara-Cabrera *et al.* 2016).

En términos etnobotánicos, en la entidad se reportan ocho especies enmarcadas en seis géneros con importancia medicinal y alimentaria (cuadro 2). La importancia de las especies de la familia Lamiaceae no sólo radica en ese uso medicinal o alimenticio que se les da, sino también en el papel que juegan en los ecosistemas en que se encuentran, donde son un recurso importante para la fauna y generan hojarasca rica en metabolitos secundarios.

CONCLUSIONES

A pesar de la amenaza que representa para la familia Lamiaceae la constante destrucción de los hábitats en que se distribuye, debido a deforestación, cambio de uso del suelo, incendios, crecimiento urbano, etc., las especies de esa familia no se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; sin embargo, existen algunas especies que podrían estar en peligro de desaparecer si el hábitat en donde crecen es perturbado o destruido, ya sea porque son especies muy raras y no se han vuelto a colectar desde que se describieron, porque habitan en ambientes especiales o porque son endémicas; entre estas se encuentran *Hyptis oblongifolia, Salvia cyanantha, S. fusca, S. indigocephala, S. remisa, Scutellaria jaliscana, S. multiflora* y *Satcahys jaimahintonii*.

La grave situación de todas esas especies podría acelerarse de no corregirse las prácticas actuales que amenazan con destruir la mayoría de los ecosistemas del

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Especies nativas utilizadas en la medicina tradicional y alimentaria en Michoacán.

Especie	Nombre común	Parte de la planta utilizada y uso
*Agastache mexicana**	Toronjil blanco	Las hojas en infusión para dolores estomacales y resfriados; flores para preparar sustituto de café o chocolate
Clinopodium macrostemum	Té nurite, nurite, limoncillo, gobernadora, tabaquillo	Las hojas en infusión alivian dolores estomacales
Lepechinia caulescens	Shenshenekua	Las hojas en infusión para dolores estomacales
Hyptis suaveolens		Medicinal, en general
Salvia gesneraeflora	Mirto	Las hojas en infusión para dolores estomacales
S. microphylla	Mirto	Las hojas en infusión para cólicos y sordera
S. polystachia	Chía	Fruto comestible
*Vitex mollis**	Atuto, cerezo, uvalano, uvalan, nanche de perro	Fruto comestible y hojas en infusión para resfriados

*Especies cultivadas.
Fuente: elaboración propia con datos de Martínez-Gordillo *et al.* 2013, Lara-Cabrera *et al.* 2016.

país (Lara-Cabrera *et al.* 2016). Si bien las labiadas en general son resistentes a la perturbación, se ha observado un recambio de especies en sitios perturbados que lleva a la reducción de la diversidad de esas plantas. Ante dicha situación es urgente redoblar los esfuerzos para evaluar la situación de las poblaciones, sobre todo de las especies de distribución restringida o de aquellas que habitan en ambientes muy particulares. Una solución podría ser incrementar las áreas naturales protegidas en el estado, además del cultivo de la familia Lamiaceae en invernaderos y jardines botánicos, ya que muchas pueden tener potencial como plantas ornamentales.

REFERENCIAS

Cantino, P.D. 1992. Evidence for the polyphyletic origin of the Labiatae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79:361-379.

Cornejo-Tenorio, G. y G. Ibarra-Manríquez. 2011. Diversidad y distribución del género *Salvia* (Lamiaceae) en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1279-1296.

Cowan, C.P. 1983. *Flora de Tabasco. Listados Florísticos de México I.* Instituto de Biología-UNAM, México.

Domínguez-Vázquez, G., B. Berlin, A.E. Castro y E.J.I. Estrada-Lugo. 2002. Revisión de la diversidad y patrones de distribución de Labiatae en Chiapas. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Botánica* 73(1):39-80.

García Z., A. 2001. Labiatae. En: *Flora fanerogámica el Valle de México*. G.C. de Rzedowski y J. Rzedowski (eds.). Instituto de Ecología, A.C./CONABIO, Michoacán, pp. 624-648.

García-Mendoza, A.J. y J. Meave (eds.). 2012. *Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colecciones y lista de especies)*. UNAM/CONABIO/Instituto Estatal de Ecología Oaxaca, México.

González E., M., S. González E. y A.Y. Herrera. 1991. *Flora de Durango. Listados florísticos de México IX*. Instituto de Biología-UNAM, México.

González-Gallegos, J.G., A. Castro-Castro, V. Quintero-Fuentes *et al.* 2014. Revisión taxonómica de Lamiaceae del occidente de México. *Ibugana* 7:3-545.

Lara-Cabrera, S.I., B.Y. Bedolla-García, S. Zamudio y G. Domínguez-Vásquez. 2016. Diversidad de Lamiaceae en el estado de Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 116:107-149.

Martínez-Gordillo, M., I. Fragoso-Martínez, M.R. García-Peña y O. Montiel. 2013. Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:30-86.

Medina, C. y L.S. Rodríguez. 1993. Estudio florístico de la cuenca del río Chiquito de Morelia, Michoacán, México. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario IV, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

Medina-García, C., F. Guevara-Féfer, M.S. Martínez-Rodríguez *et al.* 2000. Estudio florístico en el área de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 52:5-41.

RBG. Royal Botanical Gardens. Lamiaceae. 2015. En: *<http://www.kew.org>*, última consulta: 14 de abril de 2015.

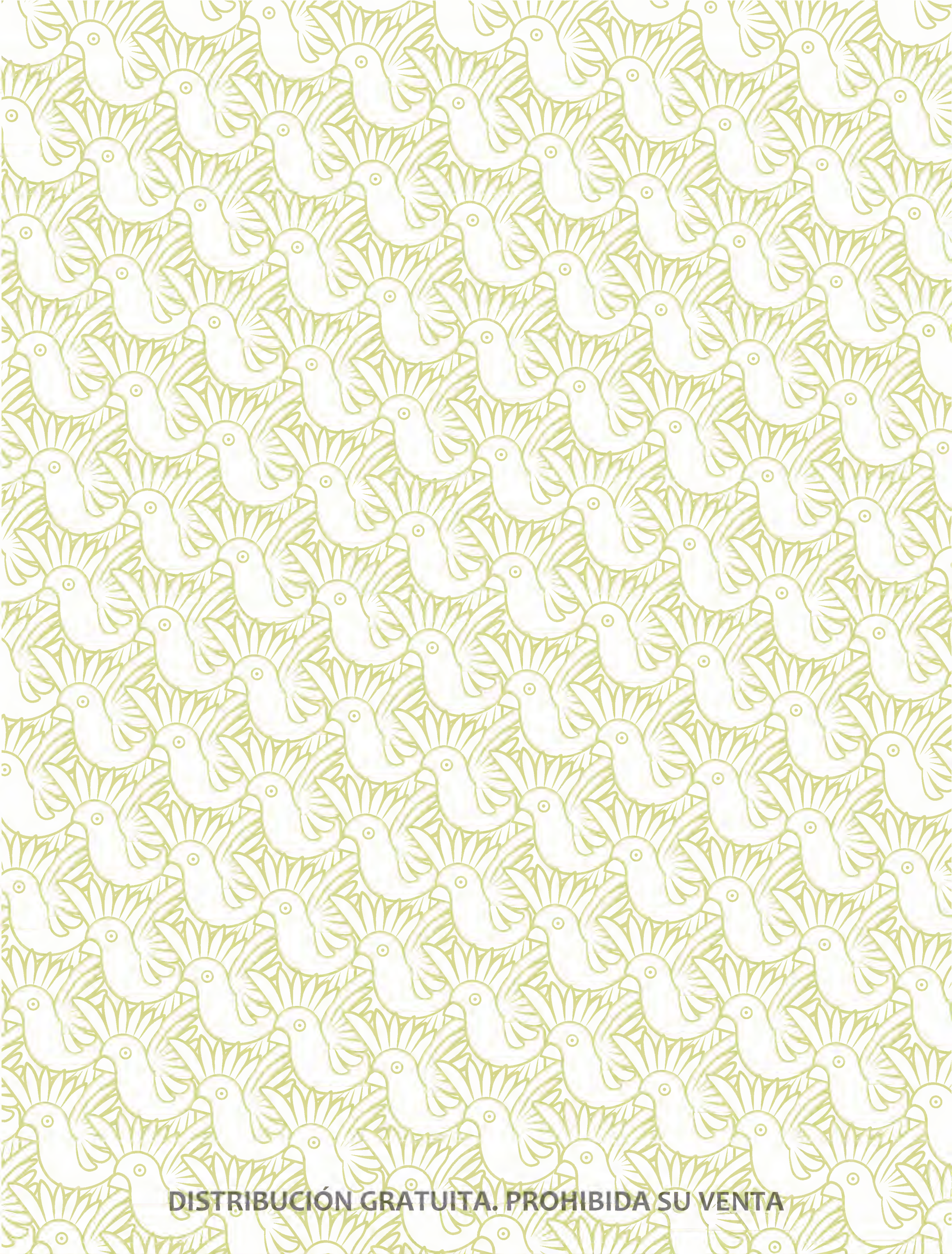
Ramamoorthy, T.P. y M. Elliott. 1998. Lamiaceae de México: Diversidad, distribución, endemismo y evolución. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 501-526.

Rodríguez J., L.S. y J. Espinosa G. 1996. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección III (Angiospermae: Connaraceae-Myrtaceae excepto Fagaceae, Gramineae, Krameriaceae y Leguminosae). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario X, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sousa S., M. y C.E. Cabrera. 1983. *Flora de Quintana Roo. Listados florísticos de México II*. Instituto de Biología-UNAM, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El género *Eryngium* (Apiaceae)

IGNACIO GARCÍA RUIZ

DESCRIPCIÓN

El género *Eryngium* pertenece a la familia Apiaceae, también conocida como Umbelliferae. En él se incluyen plantas herbáceas bianuales o perennes, con o sin tallo, postradas o usualmente de porte erecto que pueden alcanzar hasta 3 m de altura (Calviño *et al.* 2008). Tienen raíces fibrosas o fuertes y engrosadas. Las hojas son simples, lineares, partidas o espinoso-dentadas, de venación variable y con aspecto semejante al de algunas monocotiledóneas. Las flores se encuentran dispuestas en cabezuelas con brácteas, el cáliz en general está mejor desarrollado que la corola, los pétalos son de color blanco a púrpura; el fruto es globoso u ovoide, cubierto con escamas o tubérculos (Mathias y Constance 1941; figura 1). *Eryngium* es fácilmente distinguible

FIGURA 1. Rasgos morfológicos de algunas especies de *Eryngium*. a) Inflorescencia de *E. phyteumae*: 1. bráctea, 2. coma, 3. estilos, 4. pedúnculo de la inflorescencia; b) inflorescencia de *E. serratum*: 1. bráctea, 2. coma poco conspicua, 3. flor, 4. estambres, 5. pedúnculo; c) fruto de *E. beecheyanum*: 1. bractéola, 2. sépalos, 3. ovario con papilas, 4. estilos; d) hojas basales de *E. alternatum*: 1. hojas de venación paralela y con espinas, 2. tallo floral; e) *E. subacaule*: 1. hojas de nervación reticulada, 2. pecíolo, 3. inflorescencia sin coma; f) *E. carlinae*: 1. hojas postradas setoso-aserradas a pinnatífidas, 2. pedúnculo de la inflorescencia, 3. inflorescencia con coma. Fotos: Ignacio García.

García-Ruiz, I. 2019. El género *Eryngium* (Apiaceae). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 245-248.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Ejemplo de algunas especies de *Eryngium*: a) *E. alternatum*, b) *E. beecheyanum*, c) *E. carlinae*, d) *E. cervantesii*, e) *E. comosum*, f) *E. phyteumae*, g) *E. mexicanum*, h) *E. serratum*, i) *E. subacaule*. Fotos: Ignacio García.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de otros miembros de las Apiaceae por las inflorescencias en forma de cabezuelas y por tener sólo una bráctea por flor; sin embargo, el género es morfológicamente muy variable.

Eryngium agrupa entre 230 y 250 especies, distribuidas de forma amplia en las regiones templadas y tropicales del mundo (Mabberley 1997). Sus componentes se distribuyen de manera no uniforme en los hemisferios oriental y occidental.

En cada hemisferio se reconocen dos centros de diversidad: en el oriental el oeste de la región del Mediterráneo y el suroeste de Asia; y en el occidental la zona centro-occidente de México y centro-oriente de Sudamérica (Turmel 1948, 1949). Cerca de dos tercios (160) de las especies de *Eryngium* crecen en América (Calviño *et al.* 2008).

Algunas especies de este género son comestibles o se cultivan para ornato (Heywood 1978), de otras se aprovechan las raíces para confitería, también las hay medicinales utilizadas como tónicos, mientras que las hojas de algunas otras son fuente de fibra (Mabberley 1997).

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

El género *Eryngium* está representado por 21 especies (apéndice 26). Éstas se distribuyen sobre todo en la franja altitudinal que va de 1 000 a 3 500 msnm, en varios tipos de vegetación, desde matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosque de encino y bosque de pino-encino, hasta el bosque de coníferas, incluyendo los pastizales naturales y la vegetación secundaria derivada del manejo antropogénico (García 2013).

La presencia de gran número de especies en el Sistema Volcánico Transversal, en la Altiplanicie, así como en la Sierra Madre del Sur, obedece a las condiciones de clima, topografía, microambientes, relieve e historia natural. Es muy probable que la existencia de estas plantas sea favorecida por los ambientes con clima templado, que son los predominantes en las regiones mencionadas; la escasa representación del género en la región de Tierra Caliente, y su ausencia en la provincia de la Llanura Costera, podría deberse más a la falta de exploración y colecta en esas zonas (cuadro 1).

CUADRO 1. Distribución de las especies de *Eryngium* en las regiones naturales de la entidad.

Especie	Región de los Valles y Ciénagas	Región de la Sierra del Centro	Región de Tierra Caliente	Región de la Sierra Madre del Sur	Región de la Costa
Eryngium alternatum	•		•	•	•
E. beecheyanum					•
E. bonplandii			•		•
E. carlinae			•	•	•
E. columnare	•		•	•	•
E. cervantesii			•	•	•
E. comosum			•	•	•
E. cymosum	•		•	•	•
E. ghiesbreghtii	•				•
E. gracile	•		•		•
E. heterophyllum		•	•	•	•
E. longifolium			•		•
E. mexiae			•	•	•
E. mexicanum			•	•	•
E. monocephalum	•		•	•	•
E. phyteumae			•	•	•
E. proteaeflorum	•		•	•	•
E. serratum			•	•	•
E. sparganophyllum	•		•	•	•
E. spiculosum	•	•		•	•
E. subacaule	•			•	•

Fuente: García 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FRECUENCIA Y ABUNDANCIA

La especie más común en el estado es *Eryngium beecheyanum*. Son también abundantes *E. alternatum*, *E. mexiae*, *E. longifolium* y *E. serratum*, y menos comunes *E. subacaule*, *E. mexicanum*, *E. phyteumae*, *E. cervantesii*, *E. cymosum*, *E. bonplandii*, *E. ghiesbreghtii* y *E. gracile*. Las especies de las que se obtuvieron muy pocos registros fueron: *E. columnare*, *E. comosum*, *E. heterophyllum*, *E. monocephalum*, *E. proteaeflorum*, *E. sparganophyllum* y *E. spiculosum*.

En lo relativo a los usos que se les dan destacan *E. beecheyanum*, *E. carlinae* y *E. heterophyllum*, empleadas en la medicina vernácula como remedios para enfermedades del riñón, sobre todo.

Algunos de los nombres comunes registrados en la literatura, y durante el trabajo de campo en la entidad y regiones vecinas, son: carricillo (*E. alternatum*), cardo santo (*E. proteaeflorum*), hierba del sapo (*E. beecheyanum*, *E. carlinae* y *E. heterophyllum*) y piñitas (*E. comosum*).

Varias especies de *Eryngium* forman poblaciones pequeñas y restringidas sobre todo a unas cuantas localidades, con la presencia de individuos aislados, destacando entre ellas las de porte robusto y amacollado, como: *E. alternatum*, *E. cymosum*, *E. columnare*, *E. longifolium*, *E. proteaeflorum*, *E. mexiae* y *E. sparganophyllum*. De éstas, *E. alternatum* frecuentemente se ve favorecida por el disturbio (figura 2).

Otras se observan en colonias abiertas de individuos que crecen muy cercanos entre sí, tal es el caso de *E. bonplandii*, *E. ghiesbreghtii*, *E. gracile*, *E. heterophyllum*, *E. serratum* y *E. comosum*. Otras más constituyen colonias de numerosos individuos, como: *E. beecheyanum*, *E. carlinae*, *E. mexicanum*, *E. phyteumae*, *E. spiculosum*, *E. subacaule* y *E. cervantesii*; esta última produce individuos nuevos a partir de estolones.

La importancia que representa el género en las comunidades es muy relevante, va desde ser cobertura del suelo en los espacios donde crece, hasta ser alternativa de alimento durante el estiaje, sobre todo para el abundante grupo de polinizadores que las visitan, como mariposas, moscas y avispas.

Hasta el momento ninguna de las especies antes mencionadas se encuentra dentro de alguna categoría de protección en la NOM-059 (SEMARNAT 2010); sin embargo, en virtud del acelerado cambio de uso del suelo que ocurre en el estado por el establecimiento de huertas frutales, cultivo de agave, áreas para ganadería extensiva, crecimiento de la mancha urbana, etc., las poblaciones silvestres de las especies menos comunes y con escasos registros se han visto disminuidas y se considera que cada vez será menos frecuente encontrarlas.

Ante las amenazas de modificación de su entorno natural es importante la conservación de aquellas áreas en donde crecen y se desarrollan, ya que aún son desconocidos aspectos de su composición química u otras propiedades que podrían representar una importante opción de uso; sin duda es aconsejable tener colecciones de plantas vivas *ex situ* en jardines botánicos e invernaderos, incluso desarrollar algunas especies y mantener un banco de semillas.

REFERENCIAS

Calviño, I.C., S.G. Martínez y S.R. Downie. 2008. The evolutionary history of *Eryngium* (Apiaceae, Saniculoideae): rapid radiations, long distance dispersal, and hybridizations. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46:1129-1150.

Constance, L. 1980. Four new species of *Eryngium* (Umbelliferae) from Mexico. *Brittonia* 32:118-127.

García, R.I. 2013. Contribución al conocimiento del género *Eryngium* (Apiaceae) en el estado de Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 103:65-118.

Heywood, V.H. 1978. *Flowering plants of the world*. Oxford University Press, Reino Unido.

Mabberley, J.D. 1997. *The plant-book*. 2ª ed. Cambridge University Press, Reino Unido.

Mathias, M.E. y L. Constance. 1941. A synopsis of the North American species of *Eryngium*. *The American Midland Naturalist Journal* 25:361-387.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Turmel, J.M. 1948. Répartition géographique des *Eryngium*. I. Ancient Monde. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 20:395-401.

Turmel, J.M. 1949. Répartition géographique des *Eryngium*. II. Nouveau Monde. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 21:120-131.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Vegetación acuática

XAVIER MADRIGAL GURIDI

INTRODUCCIÓN

Las plantas vasculares acuáticas o hidrófitas, conforman un grupo integrado por diversas especies vegetales, tanto herbáceas, arbustivas y arbóreas, pertenecientes a diversos grupos taxonómicos, que crecen de manera temporal o permanente a la orilla de los ríos, lagos, embalses y humedales (figura 1).

FIGURA 1. Hidrófitas a orillas del manantial La Mintzita. Se observan en su mayoría hidrófitas enraizadas emergentes, incluyendo algunas especies leñosas, acompañadas de hidrófitas de hojas flotantes, libre flotadoras y enraizadas sumergidas. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

Rodríguez (2005) señala que en Michoacán este grupo se conoce de manera fragmentaria y en algunos lugares no se ha estudiado en absoluto, ya que hasta el momento la mayoría de los trabajos han sido realizados en los cuerpos de agua del Sistema Volcánico Transversal, posiblemente por ser los de mayor extensión, seguridad, facilidad de acceso y cercanía a los principales centros de población.

El hecho anterior contrasta con el resto de las provincias fisiográficas del estado, particularmente con la llamada Tierra Caliente (Depresión Balsas-Tepalcatepec y Sierra Madre del Sur), en donde existe un importante vacío de información a pesar de los numerosos ecosistemas acuáticos presentes en ella, posiblemente como resultado de las condiciones de inseguridad y escasas vías de comunicación.

Madrigal-Guridi, X. 2019. Vegetación acuática. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 249-257.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DESCRIPCIÓN

Este grupo, aunque presenta formas de vida variadas (enraizadas emergentes, de hojas flotantes, libremente sumergidas, libremente flotadoras y leñosas), en su mayoría está representado por especies herbáceas, como los pastos de agua (*Potamogeton* spp.) y los tules (*Schoenoplectus=Scirpus* y *Typha*); sin embargo, existen algunas especies arbóreas como los sauces (*Salix* spp.) que pueden conformar bosques de galería y manglares que cubren extensas áreas de inundación temporal o permanente de esteros y lagunas costeras.

Dependiendo de las formas de vida se conforman zonas de colonización, en las cuales las hidrófitas enraizadas emergentes (tules y carrizos) se desarrollan a las orillas y en zonas más someras; por otro lado, en aguas más profundas, habitan las hidrófitas enraizadas sumergidas (pastos de agua), asociadas con las de hojas flotantes (ninfas) y las libremente sumergidas (achorizos); mientras que, las libremente flotadoras (lirio y lentejillas de agua) se distribuyen en función de la influencia de los vientos y corrientes (Lot *et al.* 1999).

Las hidrófitas se clasifican con base en sus requerimientos de agua en: a) tolerantes, que se desarrollan en suelos secos, pero toleran suelos inundados o con alta humedad, aunque por corto tiempo; b) subacuáticas, que realizan gran parte de su ciclo de vida en el agua, pero mueren si permanecen periodos prolongados en suelos secos y c) acuáticas estrictas, que realizan todo su ciclo de vida en el agua (Ramos y Novelo 1993).

Así, existe una estrecha relación entre este grupo y los ecosistemas acuáticos, siendo particularmente vulnerables a la desecación, contaminación y a otros procesos de perturbación.

DIVERSIDAD

En Michoacán se han registrado 318 especies de hidrófitas (apéndice 27). Entre las familias más diversas destacan la Cyperaceae con 36 especies, seguida por la familia Asteraceae con 32 y Poaceae con 31. El género *Cyperus* de la familia Cyperaceae es el más diverso, con 13 especies, seguido por los géneros *Juncus* y *Potamogeton*, de las familias Juncaceae y Potamogetonaceae respectivamente, ambos con ocho especies.

De acuerdo con Novelo (2001), la ninfa (*Nymphaea gracilis*), la flecha de agua (*Sagittaria macrophylla*) y el pasto de agua dulce (*Oserya coulteriana*) son especies endémicas a México y presentes en el estado; sin embargo, para la realización de esta contribución, al ser revisados los trabajos de Lot y Novelo (1988), Chávez (1995), Rojas y Novelo (1995), Novelo y Bonilla-Barbosa (1999), Novelo y Philbrick (2000), Novelo (2001, 2003, 2005), Madrigal *et al.* (2004) y Huerto y

CUADRO 1. Diversidad de hidrófitas en los principales cuerpos de agua.

Cuerpos de agua	Provincia (municipios)	Familias	Géneros	Especies	Referencias
Cuitzeo	Sistema Volcánico Transversal (Santa Ana Maya, Cuitzeo, Huandacareo, Chucándiro, Copándaro, Álvaro Obregón y Zinapécuaro)	40	70	92	Rojas y Novelo 1995
Zirahuén	Sistema Volcánico Transversal (Salvador Escalante)	35	55	93	Madrigal *et al.* 2004
Pátzcuaro	Sistema Volcánico Transversal (Quiroga, Erongarícuaro, Pátzcuaro y Tzintzuntzan)	25	41	49	Lot y Novelo 1988, Huerto y Amador 2011
Ecosistemas costeros: esteros El Caimán, El Pichi, Michaito, Maquilí y Mezcala; arroyo Las Peñas; playas La Llorona y Motín del oro; río Aquila	Llanura Costera (Coahuayana, Aquila y Lázaro Cárdenas)	23	32	33	Chávez 1995

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes consultadas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Amador (2011), no se encontraron registros de especies endémicas en Michoacán.

Pese a ello, los lagos del estado destacan como los ecosistemas más diversos en hidrófitas; el que presenta mayor riqueza florística es el de Zirahuén, seguido por el de Cuitzeo y Pátzcuaro. En esos ecosistemas las ninfas, con tres especies registradas (*Nymphaea odorata*, *N. mexicana* y *N. gracilis*) presentan una distribución restringida a zonas protegidas de los vientos y el oleaje.

El cuadro 1 muestra el número de familias, géneros y especies de hidrófitas registradas en los principales cuerpos de agua del estado. Se indica la provincia fisiográfica a la que pertenecen, así como los municipios en los cuales se ubican los ecosistemas; en el caso de los ecosistemas costeros los registros corresponden a nueve sitios ubicados a lo largo de la costa del estado, que incluyen estuarios y áreas de inundación.

CUADRO 2. Número y porcentaje de hidrófitas reportadas en las diferentes provincias fisiográficas.

Provincia fisiográfica	Especies e infraespecies	
	Número	%
Llanura Costera	36	11.3
Sierra Madre del Sur	0	0.0
Depresión del Balsas-Tepalcatepec	3	0.9
Sistema Volcánico Transversal	299	94.0
Altiplanicie	40	12.6

Fuente: elaborado a partir de Lot y Novelo 1988, Chávez 1995, Rojas y Novelo 1995, Novelo 2001, Madrigal *et al.* 2004, Huerto y Amador 2011.

DISTRIBUCIÓN

En México, y en el estado de Michoacán, la distribución de las hidrófitas está determinada por la presencia de cuerpos de agua en los que puedan desarrollarse.

Con base en las cinco provincias fisiográficas del estado (véase Localización geográfica y regionalización, en esta obra), en la Altiplanicie, el mayor desarrollo de hidrófitas puede observarse en la porción del lago de Chapala que corresponde a Michoacán. En el Sistema Volcánico Transversal destaca la presencia de lagos y humedales, en donde las hidrófitas se encuentran bien representadas, como se ha reportado en los trabajos de Lot y Novelo (1988), Rojas y Novelo (1995) y Madrigal *et al.* (2004).

Tanto en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec como en la Sierra Madre del Sur, destaca la presencia del bosque de galería y vegetación riparia. Finalmente, en la Llanura Costera, numerosos humedales presentan hidrófitas, especialmente representadas por el manglar (Rzedowski 2003). El cuadro 2 muestra las diferentes provincias fisiográficas del estado y el número de especies de hidrófitas que han sido reportadas en cada una de ellas, así como el porcentaje respecto al total de especies en el estado.

En el lago de Chapala el tular se encuentra bien representado, al igual que las hidrófitas libremente flotadoras y la vegetación enraizada sumergida (Machuca 2012). Borges *et al.* (1984) reportan que las hidrófitas con mayor biomasa son el pasto de agua (*P. pectinatus*), el lirio (*E. crassipes*), *Echinochloa holciformis*, el chilillo (*Polygonum densiflorum*), *Leptochloa virgata*, *Cyperus* sp. y el tule (*Typha domingensis*).

En el lago de Cuitzeo abundan las hidrófitas enraizadas emergentes como los tules; las hidrófitas enraizadas sumergidas cubren más de la mitad del lago, mientras que las hidrófitas libremente flotadoras presentan una distribución limitada. En las desembocaduras de los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, el lirio (*E. crassipes*) cubre grandes extensiones como maleza acuática. Las ninfas de hojas flotantes (*N. gracilis* y *Nymphoides fallax*) y la estrella de agua (*Marsilea mollis*) son escasas. En este lago la distribución de la vegetación está limitada por los periodos de sequía, la concentración de sales en el agua y los sedimentos (Rojas y Novelo 1995).

En el lago de Pátzcuaro la vegetación se distribuye hasta donde la profundidad y la transparencia lo permiten. Los pastos de agua pueden limitar el desarrollo de las hidrófitas enraizadas emergentes como los tules. La ninfa (*N. mexicana*) presenta una distribución restringida en el lago. Los tules se distribuyen a lo largo de las orillas del lago, mientras que las hidrófitas libremente flotadoras se presentan sobre todo en el sur del lago. Sólo se reportan dos especies arbóreas que conforman el bosque de galería, en los alrededores de este cuerpo de agua (Lot y Novelo 1988).

En el lago de Zirahuén la vegetación se distribuye a partir de las zonas de inundación temporal y hasta una profundidad de 12 m. A lo largo de la línea de costa se pueden observar tulares, además de numerosas especies de hidrófitas enraizadas sumergidas (Madrigal *et al.* 2004). Las condiciones ambientales en la zona litoral permiten el establecimiento de diferentes formas de vida y alta riqueza específica. En contraste con otros ecosistemas, no existen reportes de malezas acuáticas (Madrigal y Chacón 2010).

El cuadro 3 muestra los tipos de vegetación acuática con base en su forma de vida y las especies características en los lagos en donde se han realizado la mayor parte de los estudios en el estado.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Especies representativas de los diferentes tipos de hidrófitas presentes en algunos ecosistemas acuáticos.

Lago	Forma de vida	Especies representativas	Referencias
Chapala	Enraizada emergente	Tular (*Schoenoplectus* spp. y *Typha* spp.)	Machuca 2012
	Enraizada sumergida	Pasto de agua (*Potamogeton pectinatus*)	Machuca 2012
	Libremente flotadora	Lirio (*Eichhornia crassipes*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y lentejilla de agua (*Lemna gibba*)	Machuca 2012
Cuitzeo	Enraizada emergente	Tule (*Typha* spp. y *Schoenoplectus* spp.), *Cyperus, Eleocharis* y el carrizo (*Phragmites australis*)	Lot y Novelo 1988
	Enraizada sumergida	Pasto de agua (*Potamogeton pectinatus*), asociado con el alga del género *Chara*	Lot y Novelo 1988
	Libremente flotadora	Lentejillas de agua (*Lemna aequinoctialis, L. gibba, Spirodela polyrrhiza* y *Wolffiella lingulata*), protegidas entre el tular y a veces asociadas a la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)	Lot y Novelo 1988
Pátzcuaro	Enraizada emergente	Tule (*Typha* spp. y *Schoenoplectus* spp.) en las orillas, limitado por el desarrollo de los pastos de agua	Lot y Novelo 1988
	Enraizada sumergida	Pastos de agua (*Potamogeton illinoensis* y *P. pectinatus*)	Lot y Novelo 1988
	Enraizada de hojas flotantes	Ninfa (*Nymphaea mexicana*), en manchones puros en zonas someras del sureste y suroeste del lago	Lot y Novelo 1988
	Libremente flotadoras	Lentejillas de agua (*Lemna gibba, Spirodela polyrrhiza, Wolffia brasiliensis* y *Wolffiella lingulata*) al sur del lago, y el lirio (*Eichhornia crassipes*) que cubre grandes extensiones y puede formar islas flotantes o "camalotes"	Lot y Novelo 1988
	Bosque de galería	Sauce (*Salix bonplandiana*) y el sabino (*Taxodium mucronatum*), alrededor del lago	Lot y Novelo 1988
Zirahuén	Enraizadas emergentes	Tule (*Typha* spp.), a lo largo de la línea de costa	Madrigal *et al.* 2004
	Enraizadas sumergidas	Pasto de agua (*Potamogeton illinoensis*) y algas de los géneros *Chara* y *Nitella*	Madrigal *et al.* 2004

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes consultadas.

El bosque de galería se desarrolla a lo largo de las corrientes de agua y presenta una composición florística y estructura definida en función de las especies que lo constituyen, así como en relación con las formas de vida de las hidrófitas. Los árboles más característicos son el sauce (*Salix* spp.), el aile (*Alnus* spp.), el sabino (*T. mucronatum*) y el fresno (*Fraxinus uhdei*; Rzedowski 2003).

En la región de la Llanura Costera, el manglar conforma un matorral siempre verde y denso (figura 2), próximo al litoral y a orillas de lagunas costeras y esteros. La especie dominante y a veces exclusiva en algunos ecosistemas es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), característico por sus raíces leñosas que sobresalen de la superficie del agua. Otro componente es el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mientras que el negro (*Avicennia germinans*) forma masas puras en lugares con menor grado de inundación (Chávez 1995, Rzedowski 2003). La vegetación de manglar se encuentra presente en pequeños manchones a la orilla de los esteros y lagunas costeras de toda la costa, siendo el mangle rojo (*R. mangle*) la especie más abundante; sin embargo, sólo en la laguna costera El Caimán, municipio de Lázaro Cárdenas, el ecosistema estuarino de mayor extensión en el estado, es posible observar extensiones importantes de este tipo de vegetación (García y Madrigal 2005).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Las hidrófitas conforman una de las comunidades vegetales de mayor importancia en los ecosistemas acuáti-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y ninfa (*Nymphaea gracilis*) en la laguna costera El Caimán. Foto: José Antonio Ramírez.

cos, ya que de manera conjunta con las macroalgas y el fitoplancton son los productores primarios de estos ecosistemas. Además, estabilizan los sedimentos, oxigenan el agua e influyen en su movimiento, intervienen en la dinámica de nutrimentos, sus hojas son un sustrato para el desarrollo y protección de otros organismos y son fuente de alimento (Lot y Novelo 2004). Por otra parte, desde tiempos prehispánicos son un importante recurso para los pobladores de asentamientos ribereños, ya que se han utilizado como material para la construcción de techos de viviendas, en la construcción de chinampas, como abono para mejorar la calidad de las tierras de cultivo, como forraje, como plantas medicinales y como alimento (Lot y Novelo 2004).

Destaca el uso de tules o chuspatas (*Typha* spp.), en las riberas de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo, en donde se utilizan para la elaboración de diversas artesanías y utensilios de carácter doméstico, como muebles, sombreros, canastas, petates y sopladores (figura 3). También es empleado el tule (*S. californicus*) para la elaboración de cortinas, y el carrizo (*P. australis*) se utiliza en la construcción de puertas y cañas de pescar.

En Cuitzeo algunas plantas acuáticas y subacuáticas de menor talla, como el quelite (*Amaranthus hybridus*), el lirio (*E. crassipes*), así como las especies de los géneros *Cyperus* y *Eleocharis* son aprovechadas como forraje, mientras que los tubérculos de la ninfa (*N. gracilis*) y los berros (*Berula erecta* y *Rorippa nasturtium-aquaticum*) son consumidos por los pobladores (Rojas y Novelo 1995).

Las hidrófitas se usan en el tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales que usan medios filtrantes de gravas y arenas sobre los que se desarrolla el tule (*Typha* spp.) para fijar y retener los contaminantes (Urquiza *et al.* 2006; véase Estudio de caso. Humedales artificiales: opción para el tratamiento de aguas residuales, en esta obra). Además, el tule al ser podado periódicamente como parte del programa de mantenimiento del humedal, proporciona a los habitantes de la zona materia prima para la realización de artesanías.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

No existen datos históricos ni actuales sobre tendencias poblacionales de las hidrófitas en el estado; sin embargo, en diversos cuerpos de agua se ha registrado la presencia de malezas acuáticas como el lirio (*E. crassipes*; figura 4) y la elodea (*Egeria densa*). Estas especies son consideradas plaga y podrían estar desplazando a las especies nativas, aunque no se ha reportado

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Exposición y venta de utensilios realizados con hojas de tule (*Typha* spp.) en la Casa de las Artesanías de Morelia. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

la presencia de especies endémicas para el estado (véase Estudio de caso. Malezas acuáticas: una amenaza para la conservación de los lagos, en esta obra); sin embargo, las ninfas (*N. mexicana, N. gracilis* y *N. odorata*) así como la flecha de agua (*S. macrophylla*) se encuentran en la categoría de amenazadas de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que los pastos de agua *P. amplifolius* y *P. natans* están en peligro de extinción y sujetos a protección especial, respectivamente.

En la Llanura Costera destaca la presencia de manglares de poca extensión que, de acuerdo con la NOM-022-SEMARNAT-2003, deberán preservarse como comunidad vegetal dada su importancia como proveedores de servicios ambientales y su importante papel en diversos procesos ecológicos; pese a ello, cada vez existe mayor presión sobre estos ecosistemas, resultado del crecimiento urbano y el vertido de contaminantes.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Existen diferentes factores, sobre todo de origen antropogénico, responsables del deterioro de los ecosistemas acuáticos y que han impactado negativamente, de manera directa o indirecta, a las comunidades de hidrófitas en el estado (figura 5).

En Michoacán es posible observar un problema similar al que describen Lot y Novelo (2004) para la vegetación acuática del Valle de México; por ejemplo, en el lago de Cuitzeo el crecimiento de los asentamientos humanos, el proceso de deforestación y erosión de la cuenca, así como el incremento en la demanda de agua provocan pérdida en la profundidad y extensión de la zona de inundación, con la consecuente reducción del hábitat en las riberas del lago, debido a periodos prolongados de desecación que afectan el desarrollo de la vegetación acuática y subacuática (Rojas y Novelo 1995).

En el lago de Pátzcuaro el aumento de material sedimentario en suspensión incrementa la turbidez del agua, mientras que los nutrientes eutrofizan el cuerpo de agua y con ello favorecen la sustitución de las hidrófitas naturales del lago, como los pastos de agua (*P. illinoensis* y *P. pectinatus*), por especies invasoras como el lirio (*E. crassipes*; Lot y Novelo 1988).

Asimismo, en el lago de Zirahuén, Madrigal *et al.* (2004) reportan que, como consecuencia de las activi-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Lirio (*Eichhornia crassipes*) a orillas del lago de Pátzcuaro, donde se ha convertido en una maleza ampliamente distribuida. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

FIGURA 5. Actividades industriales, agrícolas y presencia de elodea (*Egeria densa*) como maleza acuática en el manantial de La Mintzita. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

dades antropogénicas ocurre un proceso de erosión y eutrofización que ha disminuido la transparencia del agua. Eso limita el desarrollo de las hidrófitas enraizadas sumergidas, como el pasto de agua (*P. illinoensis*) y las algas (*N. opaca* y *C. excelsa*), al reducir la cantidad de luz disponible y favorecer la acumulación de sedimentos sobre sus hojas.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

En la entidad no se han desarrollado programas de conservación dirigidos particularmente a este grupo; sin embargo, la creación de áreas naturales protegidas y sitios Ramsar, como los humedales del lago de Pátzcuaro o la laguna costera El Caimán, han contribuido a su protección, ya que dada su extensión presentan diversos hábitats donde se desarrollan numerosas especies de hidrófitas.

A pesar de ello, esos ecosistemas enfrentan numerosos problemas, sobre todo como resultado de las actividades antropogénicas (Chacón *et al.* 2004, García y Madrigal 2005); por lo anterior, se requieren iniciativas para evitar que continúe el aporte de contaminantes a través de los afluentes; es decir, tomar medidas hacia el uso de humedales de tratamiento de aguas residuales, evitar el cambio inadecuado de uso del suelo y la explotación irracional de los recursos forestales, así como la implementación del ordenamiento ecológico del territorio, todo ello para mitigar el deterioro de los recursos de las cuencas y sus cuerpos de agua.

CONCLUSIONES

A pesar de la gran diversidad de ecosistemas acuáticos y la presencia de hidrófitas en el estado, la información es aún escasa, por lo anterior se recomienda profundizar en el conocimiento de ese grupo, no sólo para determinar su riqueza y distribución en el resto del estado, sino para conocer su función, el estado de conservación y las principales amenazas en los diferentes ecosistemas para evaluar si la puesta en marcha de la Estrategia para la Conservación y Uso de la Diversidad Biológica de Michocán ha tenido resultados positivos, desde su inicio en 2002 con la fase I de acercamiento, y de 2007 a la fecha en su fase III de implementación, en el entendido que esa estrategia pretende formular una política pública, a largo plazo, para asegurar la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, ello en armonía con el desarrollo económico y social del estado.

Asimismo, es necesario planear el uso de humedales artificiales hacia el tratamiento de aguas residuales, que además de contribuir de manera importante en la conservación de los ecosistemas acuáticos, reforzaría las actividades de control y erradicación mecánica de malezas acuáticas.

Por otro lado, es urgente elaborar y aplicar el ordenamiento ecológico del territorio en los municipios que integran las cuencas de los principales ecosistemas acuáticos, como el caso de la región Pátzcuaro-Zirahuén, que hasta 2017 se hallaba en etapa de propuesta.

Esta aportación busca ser una referencia actualizada, ya que en el anterior Estudio de Estado (CONABIO 2005) se abordó de manera muy breve y sin considerar aspectos como la conservación de las hidrófitas. Los datos aquí presentados pueden ser de utilidad para realizar comparaciones objetivas sobre el número de especies registradas y su distribución en el estado, lo cual permitirá ampliar el conocimiento de este grupo de estudio.

REFERENCIAS

Borges, A.M., M. Gómez-Higuera, A. Gutiérrez *et al.* 1984. *Macrófitas acuáticas en el lago de Chapala, Jalisco*. Servicio Social. UAM-Unidad Iztapalapa, México.

Chacón, A., G. Ayala, M. Rendón *et al.* 2004. Ficha Informativa de los humedales de Ramsar. Humedales del Lago de Pátzcuaro. En: *<http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/AIR _ RAMSAR/Michoacan/Humedales_del_Lago_de_Patzcuaro/Humedales%20del%20Lago%20de%20P%C3%A1tcuaro.pdf>*, última consulta: 18 de agosto de 2013.

Chávez, M.A. 1995. Vegetación y flora estuarina en la costa michoacana. *Universidad Michoacana. Revista trimestral de arte y cultura* 16:38-51.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2005. *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado.* CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

García, V. y X. Madrigal. 2005. Ficha Informativa de los humedales de Ramsar. Laguna Costera El Caimán. En: *<http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/AIR _ RAMSAR/Michoacan/Laguna_Costera_El_Caiman/FIR%20Laguna%20Costera%20El%20Caim%C3%A1n.pdf>*, última consulta: 18 de agosto de 2013.

Huerto, R.I. y A. Amador. 2011. Evaluación y análisis de la vegetación acuática y bases para su control. En: *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable*. R.I. Huerto, S. Vargas y C. Ortiz. (eds.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua/Universidad Autónoma del Estado de Morelos /UMSNH, México, pp. 49-86.

Lot, A. y A. Novelo. 1988. Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist* 33:167-175.

——. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores*. Instituto de Biología-UNAM.

Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. *Cuadernos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 33:1-161.

Machuca, J.A. 2012. La flora y la fauna del municipio de Jocotepec, Jalisco. En: *<https://www.yumpu.com/es/document/view/12390679/la-flora-y-la-fauna-del-municipio-de-jocote-*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

pec-jalisco-cyberjoco/7>, última consulta: 28 de noviembre de 2012.

Madrigal, X. y A. Chacón. 2010. Vegetación acuática estricta del lago de Zirahuén. En: *Espejo de los dioses: estudios sobre ambiente y desarrollo en la cuenca del lago de Zirahuén*. C.F. Ortiz y M.B. Rendón (eds.). UMSNH/Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, México, pp. 153-176.

Madrigal, X., A. Novelo y A. Chacón. 2004. Flora y vegetación acuáticas del lago de Zirahuén, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 68:1-38.

Novelo, A. 2001. Inventario de la vegetación acuática vascular de cuatro regiones prioritarias del centro de México. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto S133. Instituto de Biología-UNAM, México.

——. 2003. Familia Alismataceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* 111:1-19.

——. 2005. Familia Potamogetonaceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* 133:1-21.

Novelo, A. y J. Bonilla-Barbosa. 1999. Familia Nymphaeaceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* 77:1-13.

Novelo, A. y C.T. Philbrick. 2000. Familia Podostemaceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* 87:1-5.

Ramos, L.J. y A. Novelo. 1993. Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana* 25:61-79.

Rodríguez, L. 2005. Plantas acuáticas y subacuáticas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 78-79.

Rojas, J. y A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuáticas del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 31:1-17.

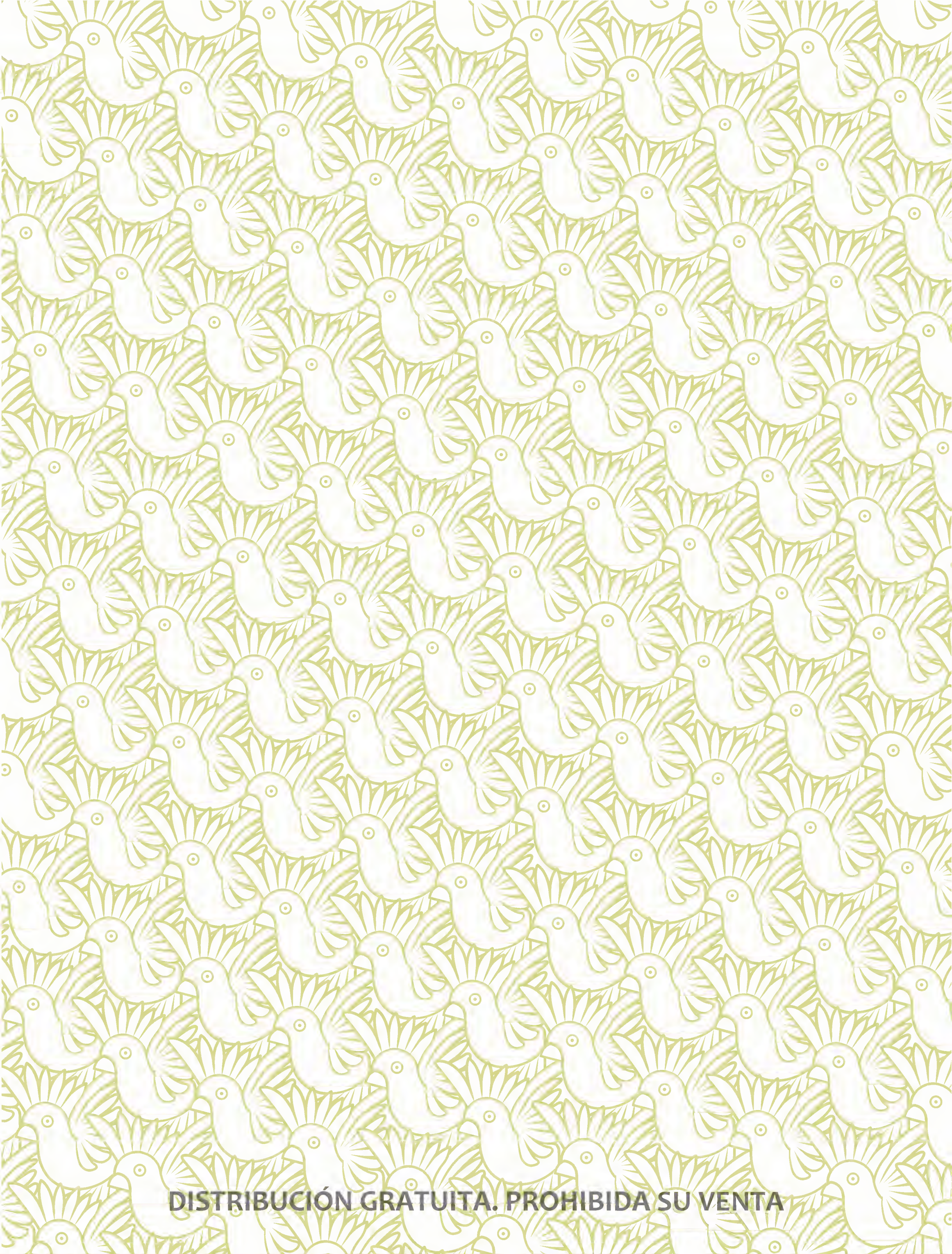
Rzedowski, J. 2003. Flora y vegetación silvestres. En: *Atlas geográfico del estado de Michoacán*. G. Correa, F. Vargas, J.S.L. Bravo *et al.* (eds.). Secretaría de Educación del Estado de Michoacán/UMSNH/EDDISA, México, pp. 61-66.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Publicada el 10 de abril de 203 en el DOF. Última reforma publicada el 7 de mayo de 2004.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Urquiza, E., R. Guzmán, S.T. Sánchez *et al.* 2006. *Los humedales artificiales; una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales de Michoacán*. Publicación del 2° Foro Académico Nacional de Ingenierías y Arquitectura, Michoacán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Malezas acuáticas: amenaza para la conservación de los lagos

XAVIER MADRIGAL GURIDI

Una especie exótica es aquella que se encuentran fuera de su área de distribución natural, ya sea que haya sido introducido de manera intencional o accidental. Cuando esta especie llega a adaptarse a su nuevo ambiente, sus poblaciones crecen y pueden presentar un comportamiento invasivo (Pineda *et al.* 2011).

Las malezas son plantas exóticas que crecen en lugares no deseados, presentan una elevada tasa de crecimiento, son persistentes, abundantes, con gran capacidad de dispersión y colonización; particularmente ocurren en lugares alterados por el ser humano (Smith y Smith 2001). Pueden desplazar a la flora nativa y modificar la estructura trófica del ecosistema, al punto que se considera que la introducción de especies es la principal causa de pérdida de la biodiversidad en la actualidad (Martínez 2011). En Michoacán, las malezas acuáticas más difundidas son el lirio (*Eichhornia crassipes)*, la elodea (*Egeria densa*) y en menor grado el carrizo (*Arundo donax*).

El lirio acuático (*E. crassipes*) es una especie introducida que se ve favorecida por la alteración del hábitat, sobre todo por el proceso de eutrofización (especialmente aumento en la concentración de nutrimentos en el agua como resultado del vertido de contaminantes). En hábitats perturbados es frecuente que sustituya a la flora nativa y se extienda en la superficie del agua, lo que entorpece la navegación, eleva los índices de evaporación e impide la penetración de la luz (Miranda y Lot 1999). Lo anterior ocasiona que se pierda más agua del ecosistema por este medio y se limite el desarrollo de las hidrófitas enraizadas sumergidas y de las comunidades bentónicas propias de la zona litoral (Engel 1990). Su presencia es particularmente marcada en la porción este del lago de Cuitzeo y sur del lago de Pátzcuaro (Rojas y Novelo 1988, Lot y Novelo 1995). En diversos cuerpos de agua se han realizado esfuerzos para su eliminación mediante extracción mecánica, sin que estos sean capaces de resolver el problema de forma definitiva, eso a pesar de su constante remoción (figura 1).

La especie *Egeria densa*, comúnmente llamada elodea, fue introducida a México como planta de

FIGURA 1. Canal de navegación en el sur del lago de Pátzcuaro donde el lirio (*E. crassipes*), a pesar de su constante remoción, obstaculiza el tráfico de las embarcaciones. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

Madrigal-Guridi, X. 2019. Malezas acuáticas: amenaza para la conservación de los lagos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 259-261.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

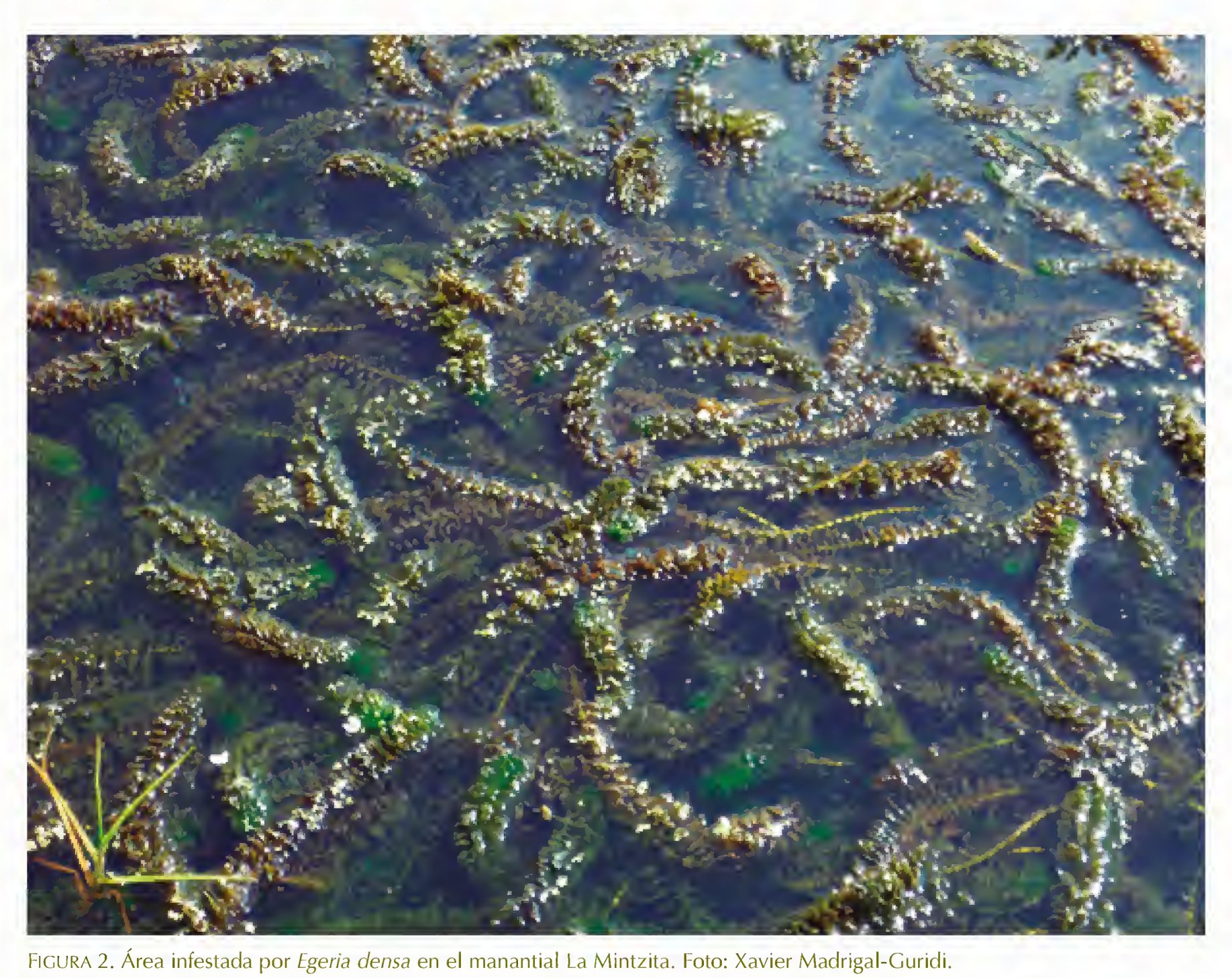


FIGURA 2. Área infestada por *Egeria densa* en el manantial La Mintzita. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

ornato, ya que es muy apreciada por los acuaristas (Lot y Novelo 2004).

Destaca por su abundancia en el humedal de La Mintzita, donde ha infestado por completo algunas zonas a pesar de los esfuerzos locales que han intentado controlarla mediante extracción (figura 2).

En esas zonas la especie impide el proceso de circulación del agua y el desarrollo de las hidrófitas nativas, además de propiciar el desarrollo de mosquitos, cuyas larvas no pueden ser depredadas por los peces pues no es posible penetrar la densa vegetación.

El carrizo (*Arundo donax*; figura 3) a pesar de ser una especie exótica e invasora en muchos ecosistemas no es percibido como un problema por los pobladores, dada su utilidad en la elaboración de diversos utensilios; sin embargo, dicha especie tiene la capacidad de sustituir de manera eficiente a la flora acuática nativa y alterar de manera dramática los procesos de sucesión ecológica en los ambientes riparios, ello con una consecuente reducción de la diversidad (Bell 1997).

En la entidad no se han realizado estudios suficientes para determinar la distribución, la abundancia ni los efectos negativos que pueden tener estas malezas; sin embargo, se ha documentado que estas especies son responsables de la disminución de la biodiversidad en los ecosistemas en los que se encuentran, modifican los patrones de circulación de las masas de agua, reducen los niveles de oxígeno disuelto, generan mortandad de peces, favorecen el desarrollo de fauna nociva (como los mosquitos) y deterioran de manera general los ecosistemas (Engel 1990, March y Martínez 2007, Martínez 2011).

Por lo anterior, es urgente implementar programas para su control, que incluyan acciones adicionales a la extracción mecánica de las malezas, por ejemplo, reducir el vertido de contaminantes que favorecen su desarrollo en los cuerpos de agua, fomentar su uso controlado como forrajes y abonos orgánicos, regular su comercialización y realizar campañas de información sobre los efectos nocivos que causan a los habitantes de las comunidades próximas a los cuerpos de agua donde se encuentran (Engel 1990, March y Martínez 2007).

Se considera que mediante la concientización sobre sus efectos se podría regular su introducción y propagación, disminuyendo los efectos negativos que generan en los ecosistemas acuáticos del estado.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Canal de navegación en el sur del lago de Pátzcuaro, donde el carrizo (*A. donax*) domina la comunidad de hidrófitas a orillas del lago; también es posible observar, aunque en menor proporción, tules (*Typha* spp.) y lirio acuático (*E. crassipes*). Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

REFERENCIAS

Bell, G. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. En: *Plant invasions: studies from North America and Europe*. J.H. Brock, M. Wade, P. Pysek y D. Green (eds.). Blackhuys Publishers, Países Bajos, pp. 103-113.

Engel, S. 1990. Ecosystem responses to growth and control of submersed macrophytes: a literature review. *Wisconsin Department of Natural Resources Technical. Bulletin* 170:1-22.

Lot, A. y A. Novelo. 1988. Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist* 33:167-175.

——. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores*. Instituto de Biología-UNAM, México.

March, I.J. y M. Martínez. 2007. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México*. IMTA/CONABIO/GECI/Aridamerica, A.C./The Nature Conservancy, México.

Martínez, M. 2011. Especies invasoras en Querétaro: los casos de tres plantas acuáticas. *Extensión nuevos tiempos. Revista universitaria de divulgación del conocimiento, UAQ* 25:28-31.

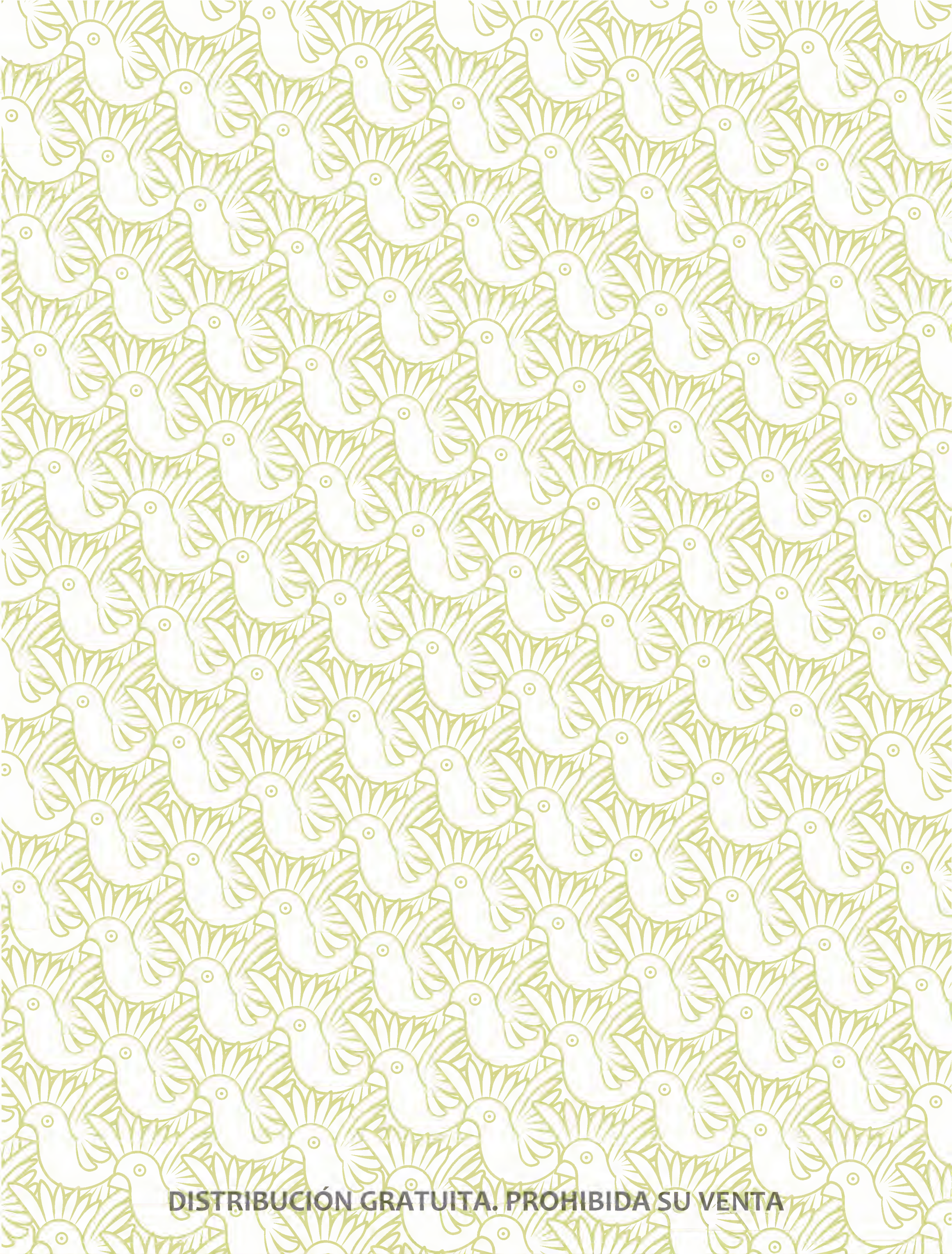
Miranda, G. y A. Lot. 1999. El lirio acuático, ¿una planta nativa de México? *Ciencias* 53:50-54.

Pineda, L.R., M. Martínez, E. Díaz y R. Jones. 2011. Especies exóticas e invasoras en Querétaro. *Extensión nuevos tiempos. Revista universitaria de divulgación del conocimiento, UAQ* 25:3-6.

Rojas, J. y A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuáticas del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 31:1-17.

Smith, R.L. y T.M. Smith. 2001. *Ecología*. Pearson Educación, S.A., España.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Humedales artificiales: opción para el tratamiento de aguas residuales

EVERARDO URQUIZA MARÍN, CONSTANTINO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ Y XAVIER MADRIGAL GURIDI

La calidad del agua en el lago de Pátzcuaro se ha deteriorado de manera importante en las últimas décadas (Chacón 1993), principalmente por el aumento de la población en su cuenca y el consecuente incremento de descargas de aguas residuales domésticas y agropecuarias. Debido a que éstas no reciben tratamiento antes de ser vertidas al lago aportan contaminantes orgánicos e inorgánicos, nutrientes, compuestos tóxicos, microorganismos patógenos, residuos de fertilizantes y plaguicidas, que se han concentrado en el cuerpo de agua (figura 1; IMTA 2007).

La falta de recursos económicos en el estado ha dificultado la construcción, operación y mantenimiento de sistemas mecanizados convencionales de alto costo para el tratamiento de las aguas residuales, así como la capacitación y pago de personal especializado para su operación (Rivas *et al.* 1999). Ante esa problemática, y en el marco del Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro, que han llevado a cabo desde 2002 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de Michoacán, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del gobierno federal (SEMARNAT), la Fundación Gonzalo Río Arronte, A.C. y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en coordinación con los gobiernos municipa-

FIGURA 1. Vertido de aguas residuales sin tratamiento en el lago de Pátzcuaro, municipio de Erongarícuaro. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

Urquiza-Marín, E., C. Domínguez Sánchez y X. Madrigal-Guridi. 2019. Humedales artificiales: opción para el tratamiento de aguas residuales. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 263-265.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

les de Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan, se realizan acciones desde una perspectiva integral para atender las causas básicas del deterioro ambiental, a través de seis líneas básicas, entre las que destaca el desarrollo de alternativas de bajo costo, para tratar y depurar las aguas vertidas al lago. Durante el desarrollo de cuatro etapas este programa ha promovido acuerdos entre sociedad y gobierno, mediante la suscripción de convenios que buscan la participación ciudadana para generar acciones con resultados a mediano y largo plazo (IMTA 2014).

Como parte de estas actividades se diseñaron y construyeron humedales artificiales en comunidades rurales de la ribera del lago, principalmente en los poblados de Cucuchucho, municipio de Tzintzuntzan (figura 2), Santa Fe de la Laguna, municipio de Quiroga y Erongarícuaro, en el municipio del mismo nombre. Estos humedales cuentan con un sistema de eslabones en los cuales se elimina basura, sólidos y microorganismos patógenos y se retienen nutrientes. Dichos sistemas están constituidos por una unidad de pre-tratamiento, un humedal de lodos, un humedal de tratamiento, una laguna de maduración y un humedal de pulimento (cuadro 1).

Estos humedales son estanques que cuentan con un sustrato de gravas saturadas por aguas superficiales o subterráneas con profundidades inferiores a los 60 cm, donde crecen hidrófitas enraizadas emergentes, como el carrizo (*Phragmites australis*), el tule (*Schoenoplectus californicus*) y la chuspata (*Typha* spp.). Las raíces y rizomas de la vegetación conforman un sustrato vivo que proporciona un ambiente adecuado para el desarrollo de bacterias que transforman y reducen los contaminantes, permiten la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual y la transferencia de oxígeno a la columna de agua, controlan el crecimiento de algas al limitar la penetración de la luz solar, asimilan los contaminantes dentro de sus tejidos y almacenan los nutrientes; todo ello mediante el proceso natural de fotosíntesis, sin la necesidad de algún suministro de energía artificial (Rivas *et al.* 1999).

FIGURA 2. Humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales a orillas del lago de Pátzcuaro, en el poblado de Cucuchucho, municipio de Tzintzuntzan. Destaca la presencia de carrizo (*P. australis*) en el humedal de lodos. Foto: Xavier Madrigal-Guridi.

CUADRO 1. Sistema de unidades que conforman los humedales artificiales creados en comunidades rurales de la ribera del lago de Pátzcuaro.

Unidad	Características	Función	Especies de hidrófitas representativas
Pre-tratamiento	Filtro mecánico	Eliminación de basura y sólidos	Ninguna
Humedal de lodos	Primera unidad de tratamiento con hidrófitas	Tratamiento de los lodos resultado de la sedimentación	*Phragmites australis*
Humedal de tratamiento	Conforma la unidad de mayor extensión superficial	Eliminación de microorganismos y retención de nutrientes y minerales	*Schoenoplectus californicus* y *Typha* spp.
Laguna de maduración	Ausencia de vegetación para optimizar la exposición a los rayos solares	Desinfección por exposición al sol para eliminar microorganismos	Ninguna
Humedal de pulimento	Última etapa del proceso de tratamiento con hidrófitas	Filtración de las algas generadas durante la desinfección	*S. californicus*

Fuente: Urquiza *et al.* 2006.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los humedales artificiales, por ser sistemas basados en procesos naturales para el tratamiento de aguas residuales, demandan menores costos de operación y nivel de capacitación para sus operadores, en comparación con los sistemas mecánicos; por consiguiente, representan una alternativa viable para la conservación y recuperación, no sólo del lago de Pátzcuaro, sino de otros lagos con el mismo problema. Además de estos beneficios, el agua tratada proveniente de los humedales se ha empleado con fines agrícolas y acuícolas, mientras que la vegetación utilizada en esos ecosistemas ha generado materia prima como el tule, carrizo y junco (*P. australis* y *Juncus* spp.) para la elaboración de artesanías y utensilios domésticos (Urquiza *et al.* 2006).

Sin embargo, para que los humedales artificiales de tratamiento funcionen de manera adecuada se requiere de una topografía apropiada caracterizada por áreas abiertas de pendiente suave y de un clima adecuado para el desarrollo de las especies de hidrófitas seleccionadas; se recomienda que las especies sean nativas de la región y tolerantes a altas concentraciones de contaminantes, así como a plagas y enfermedades (Rivas *et al.* 1999).

Las experiencias obtenidas en el lago de Pátzcuaro podrían ser base para llevar a cabo acciones en otros cuerpos de agua del estado, como el lago de Zirahuén, el cual de acuerdo con Israde *et al.* (2010), registra valores altos de materia orgánica en sus sedimentos y la presencia de organismos bentónicos indicadores de aguas contaminadas, como larvas de mosquitos de la familia Chironomidae y gusanos de la familia Tubificidae.

Especies de chuspatas (*Typha* spp.) y carrizo (*P. australis*) también podrían ser empleadas para el tratamiento de aguas residuales. Pérez-López *et al.* (2009) han demostrado la eficiencia de especies de tules (*Schoenoplectus* spp.) y del jaboncillo (*Eleocharis densa*) para propagarse de manera satisfactoria bajo condiciones de invernadero y remover eficientemente el fósforo y el nitrógeno, ambos nutrimentos abundantes en aguas residuales.

De igual forma, Romero-Ortiz *et al.* (2011) han probado la eficiencia del lirio (*Eichhornia crassipes*), la lentejilla de agua (*Lemna gibba*) y la cola de caballo (*Myriophyllum aquaticum*), en el tratamiento de aguas residuales de un rastro.

Así, la eficiencia de las hidrófitas en el tratamiento de aguas residuales ha sido demostrada para mitigar el vertido de contaminantes al medio acuático y evitar el deterioro de la calidad del agua de los ecosistemas, con la consecuente pérdida de la biodiversidad en ellos, y la ventaja adicional de tener bajo costo y reducir de manera significativa el consumo de energía y, por consiguiente, la emisión de gases de efecto invernadero.

REFERENCIAS

Chacón, T.A. 1993. *Pátzcuaro un lago amenazado*. UMSNH, México.

IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2007. Programa de recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro. En: *<https://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g25-05-2009/gaceta-imta-25.pdf>*, última consulta: 18 de octubre de 2013.

——. 2014. Programas para la recuperación del lago de Pátzcuaro. En: *<http://www.imta.gob.mx/index.php/programas-para-la-recuperacion-del-lago-de-patzcuaro>*, última consulta: 15 de abril de 2014.

Israde, I., A. Chacón, V. Segura *et al.* 2010. Invertebrados bentónicos como bioidicadores de la calidad del agua, en el lago de Zirahuén, Michoacán, México. En: *Espejo de los dioses: estudios sobre ambiente y desarrollo en la cuenca del lago de Zirahuén*. C.F. Ortiz y M.B. Rendón (eds.). UMSNH/Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, México, pp. 153-176.

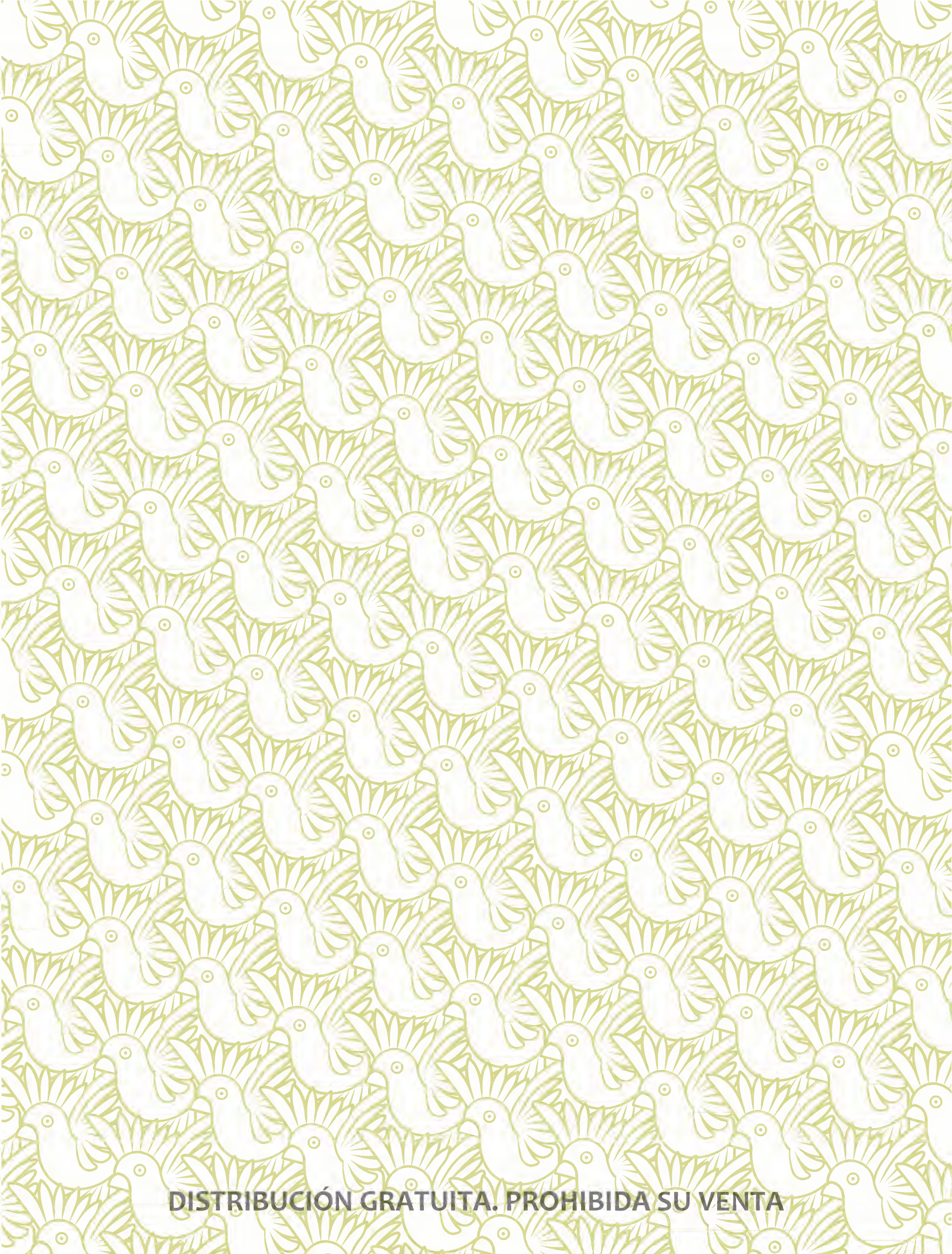
Pérez-López, M.E., M.S. González-Elizondo, C. López-González *et al.* 2009. Tolerancia de macrófitas acuáticas a aguas residuales domésticas y su eficiencia en humedales artificiales en condiciones de invernadero. *Hidrobiológica* 19(3):233-244.

Rivas, H.A., A. Ramírez, J. Balderas y J.G. García. 1999. *Diseño y diagnóstico de sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante humedales (wetlands)*. IMTA, México.

Romero-Ortiz, L., F. Ramírez-Vives, C. Álvarez-Silva y M.G. Miranda-Arce. 2011. Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. *Polibotánica* 31:157-167.

Urquiza, E., R. Guzmán, S.T. Sánchez *et al.* 2006. *Los humedales artificiales; una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales de Michoacán*. Publicación del 2° Foro Académico Nacional de Ingenierías y Arquitectura, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Malezas

FRANCISCO JAVIER ESPINOSA GARCÍA, JUDITH SÁNCHEZ BLANCO, NORMA PATRICIA REYES MARTÍNEZ Y FERNANDO GUEVARA FÉFER (†)

DESCRIPCIÓN

Las plantas silvestres que prosperan en los ambientes alterados por humanos han sido llamadas de muchas maneras: malezas, jehuites o acahuales (náhuatl), *takari* (purépecha) o malas hierbas. Hay otras maneras de llamarlas de acuerdo con el tipo de ambiente que invaden: arvenses, si prosperan en campos de cultivo (Espinosa-García y Sarukhán 1997); ruderales, si crecen a orilla de caminos, lotes baldíos o alrededor de habitaciones humanas (véase Estudio de caso. Diversidad y distribución de la vegetación ruderal en función de la temperatura en Morelia, en esta obra); y malezas ambientales, si invaden ecosistemas sin influencia humana intensiva, los llamados ecosistemas naturales (Sánchez-Blanco *et al.* 2012).

El término maleza, definido como "planta que crece donde no se le desea" (Villaseñor y Espinosa-García 1998), es el que se usará en este trabajo, pues es el más conocido para denominar a las plantas arvenses, ruderales o malezas ambientales. Otra razón para usar ese término es que muchas especies pueden comportarse como arvenses, ruderales o ambientales y muy pocas colonizan sólo un tipo de ambiente perturbado.

Las malezas pueden clasificarse de acuerdo con su origen geográfico. Se conocen como nativas aquellas que evolucionaron originalmente en México, y como introducidas aquellas que se han adaptado en otras partes del mundo y que los humanos han transportado a otras regiones (Villaseñor y Espinosa-García 2004). Las malezas introducidas nocivas que causan daños económicos o ambientales son llamadas invasoras (Espinosa-García 2003).

La mayoría de las malezas se caracterizan por su gran capacidad reproductiva, su reproducción temprana, la formación de bancos de semillas permanentes en el suelo, polinización por viento o insectos, capacidad de adaptarse a condiciones ambientales muy variadas y alta capacidad para diseminarse (Espinosa-García y Sarukhán 1997). En general son herbáceas anuales, aunque las herbáceas perennes, arbustos y árboles son frecuentes. Se piensa que las malezas se originaron de especies colonizadoras de ambientes perturbados naturalmente; muchas de esas especies prosperaron y se adaptaron a los ambientes perturbados por humanos, incluso algunas fueron domesticadas y se convirtieron en fuente de alimento para la humanidad; por ejemplo, maíz, trigo, sorgo, frijol y otras más (Espinosa-García y Sarukhán 1997).

El objetivo de este estudio fue compilar una lista de especies de malezas para el estado, con las pocas fuentes disponibles y, dada la escasez de literatura sobre malezas en el estado, resaltar su importancia potencial para los ecosistemas naturales y manejados de la entidad, ello con base en información de otros países o estados de México.

La compilación se realizó mediante la consulta del *Catálogo de malezas de México* (Villaseñor y Espinosa-García 1998), del folleto de *Malezas*

Espinosa-García, F.J., J. Sánchez-Blanco, N.P. Reyes M. y F. Guevara-Féfer. 2019. Malezas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 267-273.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Composición taxonómica de malezas registradas.

Familia	Géneros	Especies e infra-especies	Origen	
			Nativas	Introducidas
Asteraceae	108	284	269	15
Poaceae	46	111	81	30
Leguminosae	30	73	66	7
Solanaceae	9	35	30	5
Euphorbiaceae	7	34	31	3
Convolvulaceae	8	32	30	2
Malvaceae	16	30	27	3
Cyperaceae	7	27	24	3
Lamiaceae	8	20	18	2
Amaranthaceae	7	17	14	3
Onagraceae	6	16	16	0
Boraginaceae	5	14	13	1
Verbenaceae	7	14	14	0
Polygonaceae	3	13	6	7
Plantaginaceae	6	12	12	0
Acanthaceae	9	11	9	2
Apiaceae	7	10	10	0
Commelinaceae	4	10	10	0
Cucurbitaceae	6	10	8	2
Rubiaceae	6	10	10	0
Nyctaginaceae	6	9	8	1
Brassicaceae	7	8	2	6
Caryophyllaceae	5	8	6	2
Oxalidaceae	1	8	7	1
Apocynaceae	2	6	6	0
Lythraceae	3	6	6	0
Alismataceae	2	5	5	0
Campanulaceae	2	5	5	0
Loranthaceae	2	5	5	0
Potamogetonaceae	1	5	5	0
Iridaceae	2	4	4	0
Lemnaceae	3	4	4	0
Pontederiaceae	2	4	3	1
Portulacaceae	3	4	4	0
Scrophulariaceae	2	4	4	0
Amaryllidaceae	2	3	3	0
Anacardiaceae	3	3	2	1
Bignoniaceae	3	3	3	0
Juncaceae	1	3	3	0
Loasaceae	2	3	3	0
Papaveraceae	2	3	3	0
Pedaliaceae	2	3	3	0
Phytolaccaceae	3	3	3	0
Ranunculaceae	2	3	3	0
Sapindaceae	3	3	3	0
Vitaceae	3	3	3	0
Zygophyllaceae	2	3	2	1
Alliaceae	2	2	2	0
Anthericaceae	1	2	2	0
Ceratophyllaceae	1	2	2	0
Chenopodiaceae	2	2	1	1
Gentianaceae	1	2	2	0
Geraniaceae	2	2	1	1
Hydrophyllaceae	2	2	2	0
Malpighiaceae	2	2	2	0
Marantaceae	1	2	2	0
Meliaceae	2	2	1	1
Orobanchaceae	1	2	2	0
Phyllanthaceae	1	2	2	0
Plumbaginaceae	1	2	2	0
Polemoniaceae	1	2	2	0
Polygalaceae	1	2	2	0
Primulaceae	2	2	0	2
Typhaceae	1	2	2	0
Aizoaceae	1	1	1	0
Araceae	1	1	1	0
Cannaceae	1	1	0	1
Caprifoliaceae	1	1	1	0
Clusiaceae	1	1	1	0
Cuscutaceae	1	1	1	0
Haloragaceae	1	1	0	1
Hamamelidaceae	1	1	1	0
Hemerocallidaceae	1	1	0	1
Lennoaceae	1	1	1	0
Lentibulariaceae	1	1	1	0
Menispermaceae	1	1	1	0
Moraceae	1	1	1	0
Myricaceae	1	1	1	0
Najadaceae	1	1	1	0
Nymphaeaceae	1	1	1	0
Passifloraceae	1	1	1	0
Piperaceae	1	1	1	0
Resedaceae	1	1	0	1
Rhizophoraceae	1	1	1	0
Rosaceae	1	1	1	0
Sterculiaceae	1	1	1	0
Tiliaceae	1	1	1	0
Ulmaceae	1	1	1	0
Urticaceae	1	1	1	0
Violaceae	1	1	1	0
Zannichelliaceae	1	1	1	0
Total	**427**	**965**	**858**	**107**

Fuente: elaboración propia con datos de Almazán 1993, Vargas Gómez *et al.* 1994, Villaseñor y Espinosa-García 1998, Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004, Suárez Ramos *et al.* 2004, Fuentes-Chávez *et al.* 2010, Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

del valle de Apatzingán, Michoacán (Vargas Gómez *et al.* 1994), de la *Guía para la identificación de malezas asociadas al cultivo de zarzamora en Los Reyes, Michoacán* (Fuentes-Chávez *et al.* 2010), el artículo sobre arvenses de la ribera de Cuitzeo (Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013) y otras obras sobre malezas de zonas adyacentes al estado.

La nomenclatura de las especies se ajusta al *Catálogo de malezas de México* en la mayoría de los casos; la determinación del estatus nativo o introducido de las especies se realizó de acuerdo con Villaseñor y Espinosa-García (2004) y Espinosa-García *et al.* (2009).

DIVERSIDAD

La diversidad de malezas en Michoacán es muy alta: se han registrado 965 especies e infraespecies pertenecientes a 427 géneros y 91 familias (apéndice 28); este número representa casi un tercio de las cerca de tres mil especies registradas para México (Villaseñor y Espinosa-García 1998, Espinosa-García *et al.* 2009, Villaseñor 2013). Una revisión exhaustiva de la florística de malezas de Michoacán posiblemente agregará otras 50 especies (Guevara-Féfer 2013). Del total de especies, 181 corresponden a subespecies o variedades; en relación a su origen, 11% son introducidas (107) y 89% son nativas (858).

Las familias de malezas con mayor número de especies y géneros son: Asteraceae, Poaceae, Leguminosae y Solanaceae (cuadro 1). Los géneros de malezas con 10 especies o más son: *Euphorbia*, *Ipomoea*, *Solanum*, *Cyperus*, *Pseudognaphalium*, *Melampodium*, *Bidens*, *Melampodium*, *Montanoa* y *Paspalum* (cuadro 2). En todos esos géneros predominan las especies nativas.

CUADRO 2. Géneros de malezas con mayor riqueza registrada.

Géneros	Especies e infra-especies	Origen	
		Nativas	Introducidas
Euphorbia	23	22	1
Ipomoea	19	19	0
Solanum	19	17	2
Cyperus	15	12	3
Pseudognaphalium	14	13	1
Bidens	13	13	0
Melampodium	13	13	0
Montanoa	11	11	0
Paspalum	11	10	1
Desmodium	9	9	0
Oxalis	8	7	1
Panicum	8	8	0
Physalis	8	8	0
Salvia	8	8	0
Sida	8	8	0
Tagetes	8	8	0
Verbesina	8	8	0
Zinnia	8	8	0
Acacia	7	6	1
Conyza	7	7	0
Cosmos	7	7	0
Rumex	7	2	5
Stevia	7	7	0
Acalypha	6	5	1
Brickellia	6	6	0
Crotalaria	6	5	1
Tridax	6	6	0
Ageratina	5	5	0
Chenopodium	5	3	2
Chloris	5	3	2
Eragrostis	5	3	2
Erigeron	5	5	0
Heliotropium	5	5	0
Ludwigia	5	5	0
Muhlenbergia	5	5	0
Oenothera	5	5	0
Pectis	5	5	0
Plantago	5	5	0
Polygonum	5	4	1
Potamogeton	5	5	0
Senecio	5	3	2
Setaria	5	4	1
Simsia	5	5	0
Tournefortia	5	5	0
Verbena	5	5	0

Fuente: elaboración propia con datos de Almazán 1993, Vargas Gómez *et al.* 1994, Villaseñor y Espinosa-García 1998, Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004, Suárez Ramos *et al.* 2004, Fuentes-Chávez *et al.* 2010, Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN

Las malezas están distribuidas en todo Michoacán y abundan en las zonas agropecuarias, urbanas, a orillas de caminos, alrededor de habitaciones humanas y en cualquier zona perturbada por humanos. La mayoría se desarrollan en un amplio espectro de condiciones ambientales, aunque las floras de malezas de zonas cálidas difieren de las floras de zonas templadas y de las que se desarrollan en suelos salino-sódicos (Vargas Gómez *et al.* 1994, Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013).

Ya se habían detectado grupos de malezas que se desarrollaban preferentemente en Tierra Caliente o en zonas templadas; sin embargo, es posible que debido al incremento global de la temperatura varias especies nativas de Tierra Caliente se encuentren en expansión y ya hayan llegado al Bajío; por ejemplo, la altamisa (*Parthenium hysterophorus*), *Milleria quinqueflora*, garañona (*Aldama dentata*) y el manzanillo (*Calyptocarpus vialis*; Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004).

Hay especies invasoras muy nocivas que ya están bien distribuidas en el estado, como el zacate Johnson (*Sorghum halepense*), los pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), el colorado (*Melinis repens*), así como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). En zonas de Tierra Caliente los zacates forrajeros introducidos, guinea (*Urochloa maxima=Panicum maximum*) y Rhodes (*Chloris gayana*; figura 1) han escapado del cultivo e invaden zonas amplias, expandiendo su distribución al Bajío (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004). Las plantas exóticas de ornato escapadas *Kalanchoe rotundifolia* y *K. tubiflorum* fueron reportadas como causantes de problemas en techos de tejas tradicionales en la zona noroeste de Michoacán (García Ruiz 2005).

FIGURA 1. Zacate Rhodes (*Chloris gayana*). Pasto forrajero tropical que escapó de cultivo, es común en Tierra Caliente y se está expandiendo al Bajío. Foto: Sergio G. Gómez Pérez y Jesús Valdés Reyna/Banco de Imágenes CONABIO.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

El efecto de las malezas en los sistemas productivos y en la salud humana es heterogéneo y en la mayoría de los casos depende del manejo que se aplique a los ecosistemas (Espinosa-García y Sarukhán 1997). No hay estudios que estimen la importancia ecológica, económica y cultural de la flora de malezas de Michoacán, por lo cual se exponen conocimientos generados en otros lugares que podrían extrapolarse a las condiciones michoacanas. A continuación, se presentan los aspectos nocivos y benéficos de las malezas.

Aspectos nocivos

La mayoría de las especies de malezas pueden competir con los cultivos por agua, luz y nutrimentos, y si no se les controla causan pérdidas de entre 60 y 70% de las cosechas (Agundis *et al.* 1962); sin embargo, éstas no causan problemas cuando se les controla durante el periodo crítico de competencia con los cultivos, por ejemplo, en cultivos de frijol es de 30 días a partir de la siembra (Agundis *et al.* 1962). Además del efecto competitivo sobre los cultivos hay malezas nocivas que aún con baja densidad pueden causar problemas, como el zacate Johnson (*Sorghum halepense*), hospedero del hongo cornezuelo (*Claviceps africana*) que se transmitió al sorgo híbrido en el Bajío michoacano (Velásquez-Valle *et al.* 2001) o las malezas de las huertas de aguacate Hass que hospedan a varias especies plaga de trips (Ascención-Betanzos *et al.* 1999). También hay malezas parásitas, como la tripa de pollo (*Cuscuta* sp.) y el muérdago o injerto (*Psittacanthus calyculatus*) que atacan a numerosas especies de plantas (García Ruiz 2005). Algunas otras, como el zacate Johnson (*S. halepense*), el alpistillo (*Phalaris minor*; figura 2) o el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) se vuelven tan abundantes y difíciles de erradicar que perjudican cosechas y desplazan a las especies nativas (Miranda y Lot 1999, Espinosa-García *et al.* 2009).

Las prácticas comunes en la agricultura, ya sea industrial o tradicional, moldean evolutivamente las características de las malezas e influyen en la composición florística de los agroecosistemas (Espinosa-García y Vibrans 2009); por ejemplo, el uso intensivo de herbicidas favorece la prevalencia de algunas especies resistentes (en ocasiones invasoras) y reduce el número de especies de malezas que pueden ser útiles o inocuas (Blanckaert 2007).

No hay una valoración del costo por manejo y las pérdidas directas o indirectas causadas por las malezas a escala nacional ni estatal (Espinosa-García *et al.* 2009); sin embargo, se estiman costos muy altos gene-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Alpistillo (*Phalaris minor*), maleza nociva introducida en el cultivo de trigo. En el Bajío guanajuatense hay biotipos de este pasto resistentes a herbicidas y se ha observado causan estragos en los trigales. Foto: Pedro Tenorio Lezama/Banco de Imágenes CONABIO.

rados por el control mecánico o la compra y aplicación de los herbicidas, además de los costos tampoco cuantificados del uso de herbicidas sobre la salud humana y sobre especies no blanco.

En 2006, Michoacán ocupaba el séptimo lugar de los estados del país con mayor uso de plaguicidas (herbicidas incluidos; Cortinas de Nava 2007), que es probable se usaron en cultivos de alto valor en el Bajío michoacano, la franja aguacatera y el valle de Apatzingán (SIAP 2013), con el consiguiente cambio en la composición florística de los predios donde se usan los herbicidas e incluso la eliminación local de muchas especies de malezas (Blanckaert 2007), por lo que se pierden los aspectos benéficos aportados por malezas a los agroecosistemas.

Aspectos benéficos

Muchas especies, que de forma aparente no causan daños económicos o ecológicos cuando son controladas, son utilizadas como plantas medicinales, alimentos, forrajes u ornamentales (Espinosa-García 1981, Espinosa-García y Díaz-Pérez 1996, Villa-Méndez *et al.* 2010). Para muchos agricultores el uso de malezas como forraje tiene un alto valor económico (Vieyra-Odilón y Vibrans 2001), ya que la cosecha programada de malezas, o las malezas entremezcladas con cultivos forrajeros, les provee de forraje de alta calidad (Díaz y Espinosa-García 1992, Espinosa-García y Díaz Pérez 1996). Además, muchas especies son comestibles, como los quelites (especies de amarantáceas, brassicáceas y chenopodiáceas) y varias de ellas se encuentran en proceso de domesticación (Bye 1979, 1981; Blanckaert 2007).

Las malezas también son importantes en la protección del suelo contra la erosión, como fuente de polen y néctar para las abejas y en la incidencia y abundancia de insectos benéficos para la agricultura (Espinosa-García 1981, Gliessman 2002).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Las malezas no se encuentran amenazadas y, hasta el momento, no son vulnerables a la extinción; sin embargo, la abundancia de muchas especies que son útiles o con funciones importantes en los agroecosistemas se ve amenazada por especies invasoras y el uso intensivo de herbicidas. Lo más importante es que al cambiar la abundancia local de las especies de malezas se alteran o pierden los servicios ecosistémicos, donde las malezas contribuyen al control de plagas y de la erosión, a la polinización, la retención de nutrientes en los agroecosistemas y a la alimentación humana y del ganado.

En lo que respecta a las malezas introducidas, algunas especies que se comportan como invasoras fuera de México amenazan las tierras michoacanas. Entre algunas de ellas está la manzanilla de llano (*Senecio inaequidens*; figura 3), especie tóxica para el ganado y que contamina al trigo volviendo tóxica su harina (Rzedowski *et al.* 2003); actualmente se encuentra en el municipio de Epitacio Huerta (obs. pers.) y es muy posible que siga su expansión en Michoacán y en los estados circunvecinos. Otra especie amenazante es la llamada caminadora (*Rottboellia conchinchinensis*), maleza proveniente de India, muy perjudicial para muchos cultivos y que ha invadido los estados del golfo de México. Ya se ha detectado en Colima (Medina-Pitalúa y Domínguez-Valenzuela 2001) y es muy posible que la caminadora ya esté en Michoacán y afecte a huertas de limón o mango, así como a cultivos anuales. En el Bajío guanajuatense hay biotipos de alpistillo (*Phalaris minor*) resistentes a herbicidas que causan estragos en los trigales; es muy factible que los biotipos de este pasto susceptibles a herbicidas también estén presentes en el Bajío michoacano.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Manzanilla de llano (*Senecio inaequidens*). Maleza nociva de origen sudafricano con alcaloides tóxicos para el ganado. La especie se introdujo en México y se está diseminando rápidamente; en Michoacán se encuentra en el municipio de Epitacio Huerta. Foto: Pedro Tenorio Lezama/ Banco de Imágenes CONABIO.

Es lamentable que en todo México persista un modelo de manejo fitosanitario individualista, donde el criterio para la toma de decisiones es la maximización de la ganancia a corto plazo (Espinosa-García y Vibrans 2009), por ello las malezas útiles y otras especies silvestres son consideradas indeseables y son combatidas.

Es urgente el diseño e implementación de una estrategia estatal de manejo de malezas que no sólo tome en cuenta sus aspectos nocivos, sino que incluya la conciencia de que las malezas son componentes ineludibles en los ecosistemas y que muchas contribuyen a la provisión de servicios ecosistémicos (Espinosa-García 1981, Espinosa-García y Vibrans 2009).

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Los principales vacíos de información se encuentran en la descripción de la incidencia, abundancia, distribución e importancia de las malezas del estado. Las únicas zonas relativamente bien conocidas en cuanto a la flora de malezas son la cuenca de Cuitzeo, el valle de Apatzingán y una pequeña área de Los Reyes donde se cultiva zarzamora.

Tampoco hay investigación sobre el costo económico, directo e indirecto, causado por las malezas en el estado, ni de las funciones de estas especies en los agroecosistemas michoacanos.

Una estrategia de manejo de malezas estatal debe ser desarrollada a la par de una adecuación legal que regule el manejo o prevención de las especies nocivas presentes o que pueden entrar a Michoacán.

Para eso es necesario concientizar a autoridades, productores, técnicos, académicos y público general sobre la importancia de las malezas (Espinosa-García 2009).

CONCLUSIONES

Michoacán cuenta con 965 especies e infraespecies de malezas de las que apenas se conocen sus nombres científicos y un poco de su distribución y abundancia. Aún se desconoce su impacto ecológico, cultural y económico.

Es imperativo investigar y divulgar esos impactos para optimizar las medidas de manejo, ya sea para su control o para su aprovechamiento. La optimización del manejo y la difusión de la importancia de las malezas deberían ser prioridades, bajo una estrategia estatal y nacional que tome en cuenta los aspectos socioeconómicos, ecológicos y de producción agropecuaria prevalecientes en cada región.

REFERENCIAS

Agundis, M., O.A. Valtierra y B. Castillo. 1962. Periodos críticos de competencia entre frijol y malezas. *Agricultura Técnica en México* 2:87-90.

Almazán J., A. 1993. Contribución al conocimiento de la flora arvense del estado de Guerrero (México). *Botánica Complutensis* 18:137-149.

Ascención-Betanzos, G., H. Bravo-Mojica, H. Gónzalez-Hernández *et al.* 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:291-296.

Blanckaert, I. 2007. *Etnobotánica, ecología y posibles procesos de domesticación de malezas útiles en diferentes agroecosistemas en Santa María Tecomavaca, Oaxaca, México.* Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UNAM, México.

Bye, R. 1979. Incipient domestication of mustards in northwest Mexico. *The Kiva* 44:237-256.

——. 1981. Quelites-ethnoecology of edible greens-past, present and future. *Journal of Ethnobiology* 1:109-123.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología, A.C., Veracruz.

Cortinas de Nava, C. 2007. *Situación en México de las existencias de plaguicidas sujetos al convenio de Estocolmo.* En: *<http://studylib.es/doc/206222/situaci-C3%B3n-en-m%C3%A9xico-de-los-plaguicidas>,* última consulta: 15 de febrero de 2013.

Díaz, R. y F.J. Espinosa-García. 1992. Uso, manejo y valor forrajero de plantas arvenses (malezas de cultivo) en el Valle de México. En: *Memoria del Simposium Internacio-*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

nal Manejo de la maleza: situación actual y perspectivas, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Estado de México.

Espinosa-García, F.J. 1981. Las malezas: ¿una maldición? *Naturaleza* 12:297–307.

——. 2003. La amenaza de las plantas exóticas invasoras. En: *Memoria del Seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus*. J. López-Osorio, M. Revuelta-Arreola y B. Villa-Castillo (eds.). Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, México, pp. 25-38.

——. 2009. Invasive weeds in Mexico: overview of awareness, management and legal aspects. En: *Proceedings of the Weeds Across Borders 2008 Conference*. S.J. Darbyshire y R. Prasad (eds.). Alberta Invasive Plants Council, Canadá, pp. 17-29.

Espinosa-García, F.J. y R. Díaz-Pérez. 1996. El uso campesino de las plantas arvenses (malezas de cultivo) como forraje en algunas zonas del valle de México. *Etnoecológica* 3:83-94.

Espinosa-García, F.J. y J. Sarukhán. 1997. *Manual de malezas del valle de México*. UNAM/FCE, México.

Espinosa-García, F.J. y H. Vibrans, H. 2009. The need of a national weed management strategy in Mexico. En: *Invasive plants on the move. Controlling them in North America*. T. Van Devender, F.J. Espinosa-García B.L. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, pp. 23-32.

Espinosa-García, F.J., J.L. Villaseñor y H. Vibrans. 2009. Biodiversity, distribution, and possible impacts of exotic weeds in Mexico. En: *Invasive plants on the move. Controlling them in North America*. T. Van Devender, F.J. Espinosa-García, B.L. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, pp. 43-52.

Fuentes-Chávez, I., M.B. Nájera-Rincón y J. Sánchez-Blanco. 2010. *Guía para la identificación de malezas asociadas al cultivo de zarzamora en Los Reyes, Michoacán*. Cuaderno Número 38. Cuadernos de Divulgación Científica y Tecnológica del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán, Michoacán.

García Ruiz, I. 2005. Malezas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 80-83.

Gliessman, S.R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE, Costa Rica.

Guevara-Féfer, F. 2013. Laboratorio de sinecología, Facultad de Biología-UMSNH. Comunicación personal, agosto.

Medina-Pitalúa, J.L. y J.A. Domínguez-Valenzuela. 2001. *Rottboellia cochinchinensis* en México: una maleza fuera de la ley. *Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza* 1:15-18.

Miranda, M.G. y A. Lot. 1999. El lirio acuático, ¿una planta nativa de México? *Ciencias* 53:50-54.

Rzedowski, J., H. Vibrans y G. Calderón de Rzedowski. 2003. *Senecio inaequidens* DC. (Compositae, Senecioneae), una maleza perjudicial introducida en México. *Acta Botanica Mexicana* 63:83-96.

Sánchez-Blanco, J, y F. Guevara-Féfer. 2013. Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 105:107-129.

Sánchez-Blanco, J., C. Sánchez-Blanco, M. Sousa y F.J. Espinosa-García. 2012. Assessing introduced Leguminosae in Mexico to identify potentially high-impact invasive species. *Acta Botanica Mexicana* 100:43-79.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. En: *<http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351>*, última consulta: 15 de febrero de 2013.

Suárez-Ramos, G., V. Serrano-Cárdenas, P. Balderas-Aguilar y R. Pelz-Marín. 2004. *Atlas de malezas arvenses del estado de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Vargas Gómez, E., D. Munro Olmos y C.A. Treviño de la Fuente. 1994. *Malezas del valle de Apatzingán, Michoacán. Folleto Técnico núm. 28*. INIFAP/Centro de Investigación del Pacífico Centro, Michoacán.

Vieyra-Odilón, L. y H. Vibrans. 2001. Weeds as crops: the value of maize field weeds in the Valley of Toluca, México. *Economic Botany* 55:426-443.

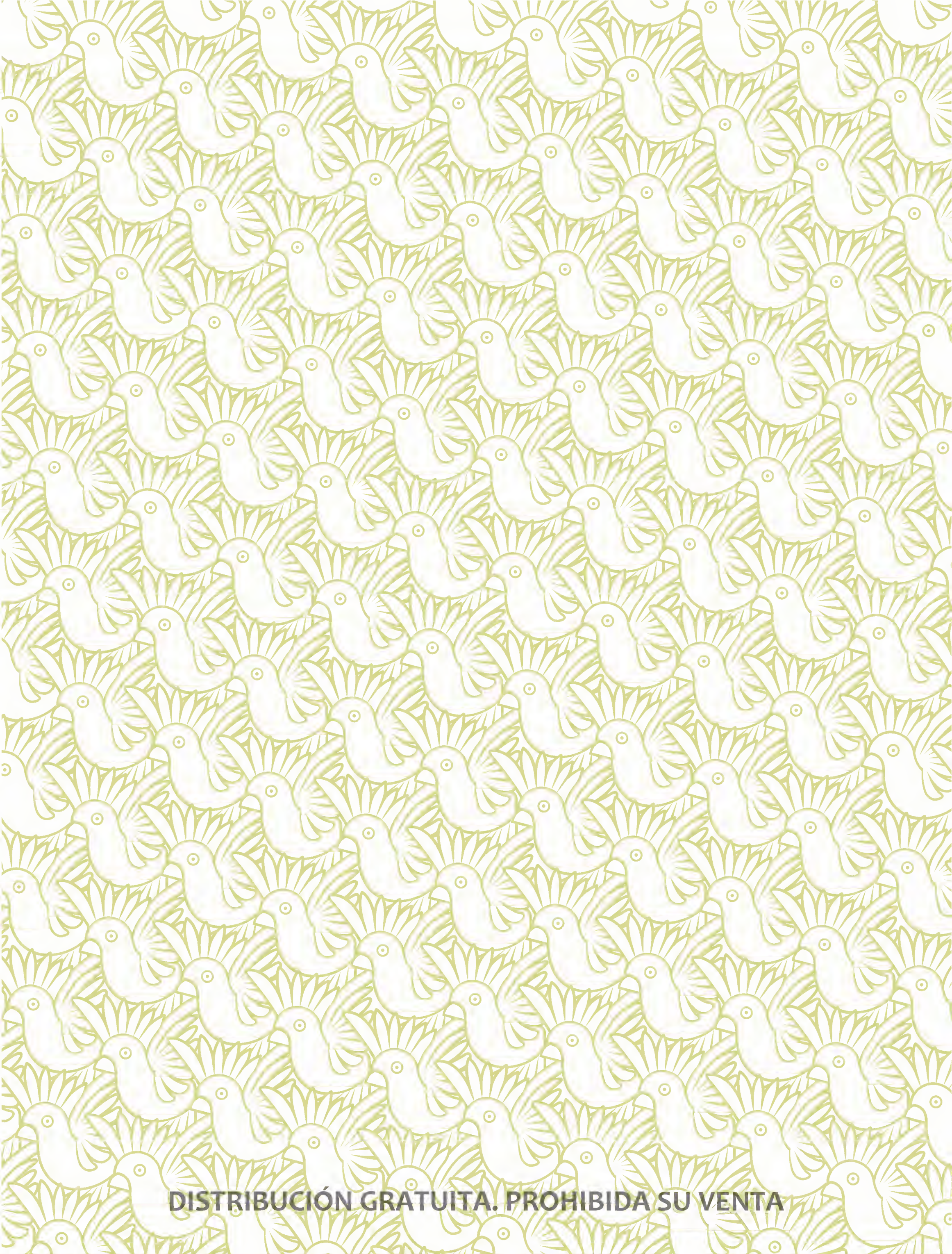
Villa-Méndez, C.I., M.J. Tena-Martínez, R. Tzintzun-Rascón y D. Val-Arreola. 2010. Valuación de la digestibilidad de diferentes tipos de forrajes en dos regiones del estado de Michoacán. *Ciencia Nicolaita* número especial:1-7.

Villaseñor, J.L. y F.J. Espinosa-García. 1998. *Catálogo de malezas de México*. UNAM/FCE, México.

——. 2004. The alien flowering plants of México. *Diversity and Distributions* 10:113-123.

Villaseñor, J.L. 2013. Investigador del Instituto de Biología, UNAM. Comunicación personal, noviembre.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Diversidad y distribución de la vegetación ruderal en función de la temperatura en Morelia

ROBERTO JAVIER GÓMEZ BERMEJO, JUDITH SÁNCHEZ BLANCO, MARÍA ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ Y FRANCISCO JAVIER ESPINOSA GARCÍA

En la actualidad, las ciudades y áreas metropolitanas representan la transformación más importante sobre ambientes naturales (Angel *et al.* 2011). En los ambientes urbanos, los nutrientes, el espacio, el agua y los regímenes de perturbación tienen una distribución y abundancia muy contrastante con respecto a cualquier otro tipo de ecosistema; además, las estructuras y materiales que componen la ciudad conducen el calor más rápidamente, por lo que muchas áreas experimentan elevadas temperaturas en comparación con el entorno rural aledaño. La diferencia de temperatura entre las ciudades y su entorno rural se denomina efecto de isla de calor urbano (ICU; Arnfield 2003).

Las condiciones que prevalecen en las ciudades limitan a la biota tolerante o adaptada a esos ambientes, como es el caso de algunas especies de flora y fauna nativas o introducidas (Rapoport *et al.* 1983). Ya que la temperatura y su variación son determinantes en el establecimiento y sobrevivencia de muchas especies, se ha postulado que las ciudades (a través del efecto ICU) podrían servir de refugio a malezas propias de áreas más cálidas que las circundantes a las ciudades (Vibrans 2011).

El presente estudio de caso tuvo por objetivo conocer si la distribución y diversidad de malezas ruderales urbanas (véase Malezas, en esta obra) tenían relación con el efecto de ICU en la ciudad de Morelia, Michoacán (Gómez-Bermejo 2015). Además, dado que la flora de malezas ruderales no se conocía para Morelia, este estudio también planteó describir la diversidad taxonómica de las malezas ruderales presentes en esta ciudad.

Puesto que las malezas ruderales frecuentemente se comportan como arvenses (que crecen en los sembradíos) o ambientales (que crecen en ambientes sin influencia humana; Villaseñor y Espinosa-García 1998), este estudio puede contribuir a entender la respuesta de las malezas a la temperatura y al papel de las ciudades como fuente de propágulos que colonicen ambientes rurales o naturales en escenarios de cambio global con temperaturas elevadas.

En las etapas iniciales del estudio, Gómez-Bermejo *et al.* (2011) identificaron que la ICU no se presenta en Morelia debido a las características topográficas de la zona urbana y sus alrededores, aunque sí se detectaron áreas con distintos regímenes térmicos (cuadro 1).

Se determinó si las zonas urbanas de Morelia con diferentes regímenes térmicos (RT) albergaban distintas floras de malezas, ya que se consideró que las malezas ruderales presentes en diferentes ciudades del país pueden pertenecer a diversas familias florísticas y provenir de distintos orígenes geográficos (cuadro 2).

CUADRO 1. Fluctuación de temperatura y humedad de invierno.

Categoría	Temperatura (°C)			Humedad (%)		
	ZF	ZM	ZC	ZF	ZM	ZC
Mínima	3.6	4.9	4.2	7.0	8.0	7.0
Promedio mínimo	5.0	5.0	5.0	29.7	28.4	27.8
Promedio	17.6	18.7	18.4	53.7	51.6	50.6
Promedio máximo	33.0	33.9	34.1	77.2	74.3	72.7
Máxima	36.5	38.3	38.3	100.0	100.0	100.0

Datos obtenidos de hidrotermómetros colocados en zonas urbanas de Morelia durante 52 días de invierno. ZF: zonas frías, ZM: zonas intermedias, ZC: zonas calientes.
Fuente: Gómez-Bermejo 2015.

Gómez-Bermejo, R.J., J. Sánchez-Blanco, M.I. Ramírez y F.J. Espinosa-García. 2019. Diversidad y distribución de la vegetación ruderal en función de la temperatura en Morelia. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 275-278.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Familias florísticas y de especies ruderales en ciudades mexicanas.

Categoría	Morelia, Michoacán[1]	Malinalco, Estado de México[2]	Ciudad de México[3]	Ciudad de México[4]
Familias	28	100	42	61
Géneros	60	335	165	214
Especies	135	442	256	317
Exóticas	35 (26.3%)	75 (16.8%)	31 (12.2%)	80 (28.4%)
Sitios	Terrenos baldíos y orillas de caminos	Terrenos baldíos, cepos de árboles y orillas de camino	Terrenos baldíos, banquetas, grietas y parques	Terrenos baldíos

Fuente: [1]Gómez-Bermejo 2015, [2]Martínez 2010, [3]Vibrans 1998, [4]Díaz-Betancourt 1999.

En la ciudad de Morelia se reportan 135 especies ruderales agrupadas en 60 géneros pertenecientes a 28 familias, 26% de estas especies son exóticas. Las familias más importantes por el número de especies fueron Poaceae y Asteraceae, las cuales conforman 46.6% de las especies registradas, eso coincide con otros estudios de vegetación urbana ruderal del país, donde ambas familias son las más importantes (cuadro 3; Gómez-Bermejo 2015). El resto de las familias fueron poco frecuentes, raras u ocasionales; no llegaban a más de siete especies en el área de estudio.

En cuanto a géneros, los mejor representados fueron: *Paspalum* (seis especies), *Euphorbia* (cinco especies) y *Bidens* (cuatro especies), para el resto se encontraron menos de tres especies. En otros estudios se registraron otros géneros diferentes como los más importantes (cuadro 4), posiblemente debido al tamaño y las condiciones macroclimáticas de otras ciudades.

En Morelia las 10 especies más frecuentes (en 30% de los sitios muestreados) fueron: cuisique (*Lepidium virginicum*), huinare (*Sida haenckeana*), carretero (*Melinis repens*), higuerilla (*Ricinus communis*), chacamu (*Cynodon dactylon*), aceitilla (*Bidens pilosa*), quelite (*Amaranthus hybridus*), escobilla (*Dyssodia tagetiflora*), chicalote (*Argemone ochoroleuca*) y abrojo (*Helminthotheca echioides*; Gómez-Bermejo 2015).

CUADRO 3. Familias de malezas y número de especies en ciudades mexicanas.

Familia	Morelia, Michoacán[1]	Malinalco, Estado de México[2]	Ciudad de Méxicol[3]	Ciudad de México[4]
Poaceae	32 (24.1%)	32 (7.2%)	40 (15.6%)	39 (14%)
Asteraceae	30 (22.5%)	77 (17.4%)	56 (21.9%)	58 (17.4%)
Euphorbiaceae	6 (4.5%)	11 (2.5%)	9 (3.5%)	11 (3.5%)
Fabaceae	5 (3.8%)	31 (7.0%)	10 (3.9%)	21 (6.6%)
Malvaceae	5 (3.8%)	8 (1.8%)	12 (4.7%)	12 (3.8%)
Solanaceae	5 (3.8%)	14 (3.2%)	14 (5.5%)	17 (5.4%)
Amaranthaceae	4 (3.0%)	9 (2.0%)	6 (2.3%)	5 (1.6%)
Brassicaceae	4 (3.0%)	8 (1.8%)	21 (8.2%)	8 (2.5%)
Convolvulaceae	2 (1.5%)	10 (2.3%)	3 (1.2%)	6 (1.9%)
Lamiaceae	2 (1.5%)	17 (3.8%)	5 (2.0%)	9 (2.8%)

Los valores entre paréntesis indican el porcentaje con respecto al total de especies en la ciudad estudiada.
Fuente: [1]Gómez-Bermejo 2015, [2]Martínez 2010, [3]Vibrans 1998, [4]Díaz-Betancourt 1999.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Géneros de malezas y número de especies encontradas en ciudades del país.

Género	Morelia, Michoacán[1]	Malinalco, Estado de México[2]	Ciudad de México[3]	Ciudad de México[4]
Euphorbia	5 (3.8%)	7 (1.6%)	6 (2.7%)	5 (1.6%)
Cyperus	1 (0.8%)	5 (1.1%)	3 (2.3%)	3 (0.9%)
Melampodium	3 (2.3%)	5 (1.1%)	3 (1.2%)	5 (1.6%)
Solanum	3 (2.3%)	4 (0.9%)	5 (2.0%)	7 (2.2%)

Los valores entre paréntesis indican el porcentaje con respecto al total de especies en la ciudad estudiada.
Fuente: [1]Gómez-Bermejo 2015, [2]Martínez 2010, [3]Vibrans 1998, [4]Díaz-Betancourt 1999.

Las 10 especies con mayor cobertura fueron: *M. repens, R. communis, C. dactylon, L. virginicum, S. haenckeana, D. tagetiflora, B. pilosa, Tithonia tubiformis* (chotol), *H. echioides* y *A. hybridus* (Gómez-Bermejo 2015).

En Morelia, los RT no presentaron diferencia entre el centro de la ciudad y las zonas rurales aledañas, por lo que se considera que no hay efecto de ICU, sino un mosaico de áreas con distintas temperaturas. Se identificaron tres zonas con distintos RT en el área urbana de Morelia: la zona cálida se ubicó al noreste; la zona media abarcó el centro histórico y la zona fría se encontró al sur de la ciudad (Gómez-Bermejo *et al.* 2011). En cuanto a la relación de los RT y las especies de maleza no se encontraron diferencias en la diversidad de especies entre las zonas cálida y fría, pero sí de ambas con respecto a la zona media; la incidencia y cobertura de malezas en zonas con distinto RT fueron similares.

Aunque la diversidad y cobertura de especies ruderales no son explicadas por el régimen térmico, existieron diferentes curvas de rango de abundancia de las especies en las zonas con distinto RT, lo que sugiere que la estructura de la vegetación ruderal varía según el valor de RT (figura 1), eso indica que las especies dominantes fueron diferentes entre los sitios; por ejemplo, la escoba de arroyo (*Conyza bonarensis*), el castillo (*Leonotis nepetifolia*) y la hierba del golpe (*Oenothera rosea*) fueron más abundantes en la zona fría, mientras que el mezquite (*Prosopis laevigata*) y *Tithonia tubiformis* lo fueron en la zona cálida; la curva para la zona cálida tiene menor pendiente, lo que sugiere que hay más especies dominantes que en las otras zonas (figura 1).

En la mayoría de los trabajos sobre vegetación ruderal, se buscan patrones o relaciones de establecimiento, principalmente en términos de su taxonomía (Vibrans 1998), en la proporción de abundancia de especies nativas y exóticas (Martínez 2010) y de su manejo o uso del suelo (Bigirimana *et al.* 2011). En estos trabajos se ha encontrado que Poaceae y Asteraceae son las familias mejor representadas y que las especies nativas son la mayoría en estos ambientes perturbados. Estos resultados coinciden con lo reportado para Morelia (Gómez-Bermejo 2015). Esta situación contrasta con respecto a ciudades europeas templadas, como Roma y Estambul (Celesti-Grapow *et al.* 2006, Altay *et al.* 2010), donde el porcentaje de especies introducidas es mayor que en ciudades en América (Vibrans 1998, Díaz-Betancourt 1999).

La vegetación ruderal de Morelia resultó diversa y con un porcentaje de especies exóticas comparable al de los baldíos de la Ciudad de México (cuadro 2). Esto va de acuerdo con la idea de que las ciudades podrían servir como fuente de inóculo de especies exóticas, si hay cambios en los regímenes de perturbación o temperatura en las zonas aledañas a las ciudades (Ricotta *et al.* 2009).

La función de reservorio de malezas aplica para las especies exóticas y también nativas. Por ejemplo, se encontró en este estudio a garañona (*Aldama dentata*) y a manzanillo (*Calypotocarpus vialis*), especies de climas cálidos que se están expandiendo hacia zonas templadas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004).

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este estudio de caso contribuyen a reconocer el papel de las ciudades como sitios con capacidad de albergar, establecer y propagar especies ruderales. Las condiciones climáticas y de alta perturbación presentes permiten que especies nativas y exóticas persistan en ambientes urbanos, que podrían funcionar como fuente de propágulos que colonizarían ambientes nuevos. La investigación sobre malezas en ambientes urbanos permite detectar, contener y controlar de forma oportuna especies potencialmente nocivas que ponen en riesgo la biodiversidad de los ambientes naturales y el manejo eficiente de los campos agrícolas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

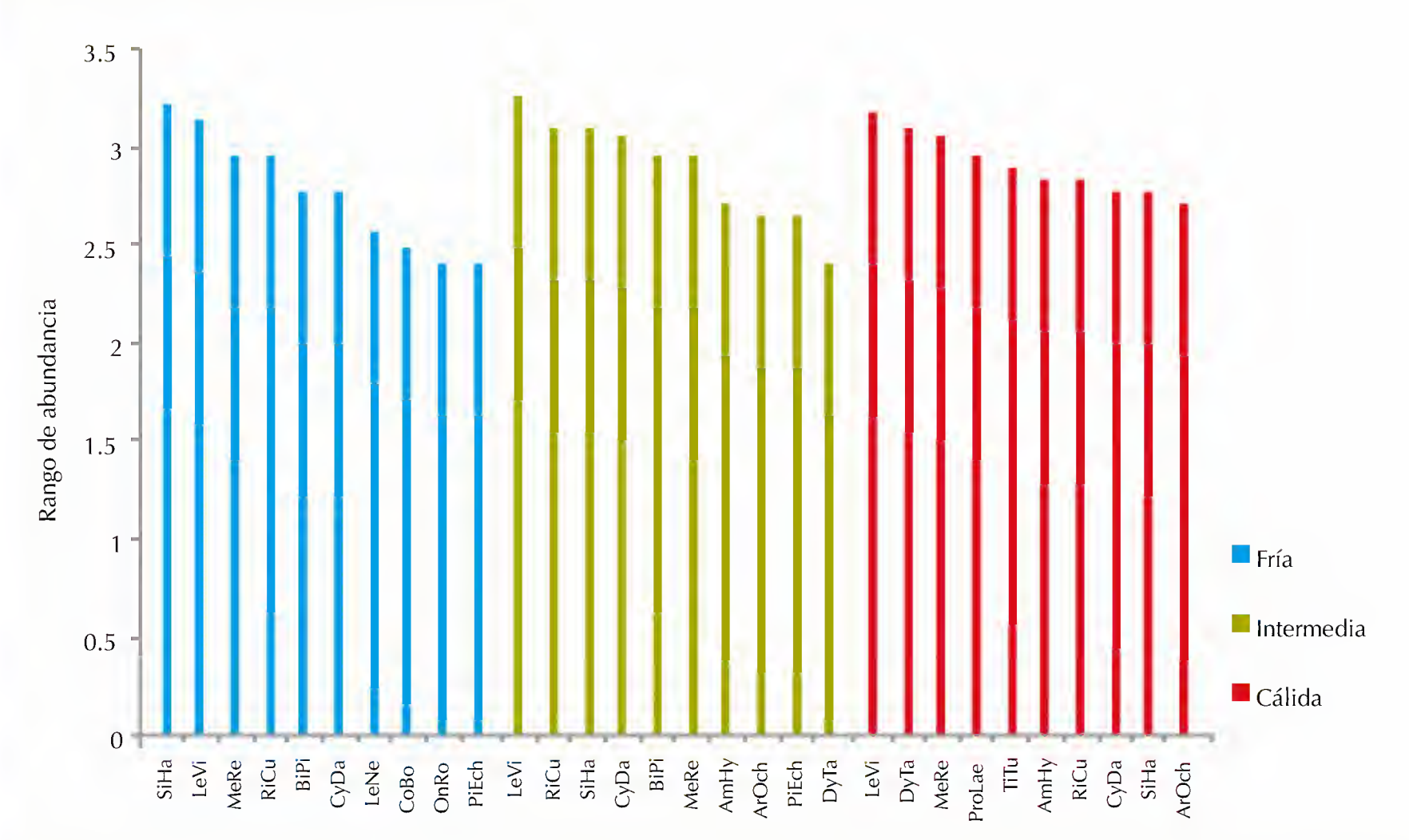


FIGURA 1. Rango de abundancia para especies en distinto régimen térmico (RT). Para la zona fría destacan: *Leonotis nepetifolia* (LeNe), *Conyza bonarensis* (CoBo) y *Oenothera rosea* (OnRo). Para la cálida: *Prosopis laevigata* (ProLae) y *Tithonia tubiformis* (TiTu). El resto de especies se encuentran indistintamente en todas las áreas con distintos RT: *Lepidium virginicum* (LeVi) *Sida haenckeana* (SiHa), *Melinis repens* (MeRe), *Ricinus communis* (RiCu), *Cynodon dactylon* (CyDa), *Bidens pilosa* (BiPi), *Amaranthus hybridus* (AmHy), *Dyssodia tagetiflora* (DyTa), *Argemone ochoroleuca* (ArOch), *Helminthotheca echioides* (PiEch). Fuente: Gómez-Bermejo 2015.

REFERENCIAS

Altay, V., I. Özyiğit y C. Yarci. 2010. Urban ecological characteristics and vascular wall flora on the Anatolian side of Istanbul, Turkey. *Maejo International Journal of Science and Technology* 4(03):483-495.

Angel, S., J. Parent, D. Civco *et al.* 2011. The dimensions of global urban expansion: estimates and projections for all countries, 2000-2050. *Progress in Planning* 75:53-107.

Arnfield, A.J. 2003. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23:1-26.

Bigirimana, J., J. Bogaerta, C. De Cannierea *et al.* 2011. Alien plant species dominate the vegetation in a city of Sub-Saharan Africa. *Landscape and Urban Planning* 100:251-267.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y de regiones adyacentes.* Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología, A.C./Centro Regional del Bajío, Michoacán.

Celesti-Grapow, L., P. Pysek, V. Jarosík y C. Blasi. 2006. Determinants of native and alien species richness in the urban flora of Rome. *Diversity and Distributions* 12:490-501.

Congreso de la Unión. 2010. Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de la Ley General de Vida Silvestre. Publicado el 6 de abril de 2010 en el DOF.

Díaz-Betancourt, M. 1999. *Estudio florístico y ecológico de los terrenos baldíos de la ciudad de México.* Tesis de maestría. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Gómez-Bermejo, R., F. Espinosa-García y I. Ramírez. 2011. Evidencias del efecto de Isla de Calor en Morelia, Michoacán, México. En: *Memorias del Congreso XIX. Reunión nacional SELPER-México.* CIGA-UNAM, México.

Gómez-Bermejo, R. 2015. *Efecto del régimen térmico urbano en la diversidad de especies de malezas en la ciudad de Morelia, Michoacán.* Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas-UNAM, México.

Martínez, E. 2010. *Flora y vegetación ruderal de Malinalco, Estado de México.* Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Estado de México.

Rapoport, E., M. Díaz-Betancourt y I. López-Moreno. 1983. *Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México: flora de las calles y baldíos.* Ed. Limusa, México.

Ricotta, C., S. Godefroid y D. Rocchini. 2009. Patterns of native and exotic species richness in the urban flora of Brussels: rejecting the 'rich get richer' model. *Biological Invasions* 12:233-240.

Vibrans, H. 1998. Urban weeds of Mexico City. Floristic composition and important families. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Botánica* 69:37-69.

Vibrans, H. 2011. Investigadora del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México. Comunicación personal, junio.

Villaseñor, J.L. y F.J. Espinosa-García. 1998. *Catálogo de malezas de México.* UNAM/FCE, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Arbolado urbano en ciudades michoacanas

JOSÉ ARNULFO BLANCO GARCÍA, AGLAEN LUCERO CARBAJAL NAVARRO, FRANCISCO JAVIER LOERA PADILLA, LEONEL LÓPEZ TOLEDO E IAN MACGREGOR FORS

Las ciudades albergan a más de la mitad de la población del mundo y están relacionadas con cuatro de los componentes más importantes del cambio global (cambio de uso del suelo, alteración de ciclos biogeoquímicos, introducción de especies exóticas y con potencial invasor, cambio climático), por lo que representan una amenaza para la biodiversidad y para la salud humana (Berkowitz *et al.* 2003, Grimm *et al.* 2008). Por otra parte, debido a la naturaleza de los sistemas urbanos y sus procesos, las alteraciones ambientales que provocan van más allá de sus linderos (Zamudio 2001, Berkowitz *et al.* 2003, Forman 2008). En México, cerca de 80% de los habitantes viven en sistemas urbanos (CONABIO 2013), lo cual refleja el impacto de las actividades humanas sobre los ambientes naturales del país.

DESCRIPCIÓN

La vegetación es uno de los componentes ambientales que contrarresta los efectos que tiene la urbanización sobre la biodiversidad y la salud humana (Nowak *et al.* 1997). Entre los efectos positivos de la vegetación en zonas urbanas está la regulación térmica, ya que aminora el efecto de isla de calor que se genera en dichas zonas a causa del incremento en la temperatura por la retención de calor en las estructuras construidas (Ferguson y Woodburry 2007, Buyantuyev y Wu 2010).

Como flora urbana se conoce al conjunto de especies vegetales que prosperan en las ciudades, ya sea de manera natural o porque fueron establecidas intencionalmente. Dentro de este grupo resaltan los árboles urbanos por su fisonomía y los beneficios que proporcionan. Entre la flora arbórea de las ciudades existen especies de distinto origen geográfico (nativas, exóticas, ampliamente distribuidas o endémicas a una región), con características fisonómicas y fenológicas variadas (aquellas que mantienen las hojas durante todo el año, las que las pierden durante ciertas épocas del año, con floración y fructificación evidente y vistosa, llamativas por su follaje, etc.) y con anatomía de raíz distinta (pivotante, es decir, que presenta un raíz principal; ramificada, en la cual no se distingue una raíz primaria ya que todas presentan dimensiones similares).

El éxito de las reforestaciones en espacios urbanos depende principalmente de la elección de especies adecuadas. Un punto de partida es el empleo de elementos nativos que habitan en áreas cercanas a donde se efectuará una plantación. En general, las especies de flora nativa crecen mejor en sus propias áreas ecológicas, ya que el clima, el suelo y el ambiente en general son adecuados a sus necesidades específicas, por lo que los

Blanco-García, A., A. Carbajal-Navarro, F.J. Loera-Padilla, L. López-Toledo e I. MacGregor-Fors. 2019. Arbolado urbano en ciudades michoacanas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 279-286.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

costos de mantenimiento disminuyen y la supervivencia aumenta; además, comúnmente favorecen el abrigo y alimentación de la fauna silvestre nativa, entre otros beneficios (Alanís 2005).

Las especies introducidas o exóticas pueden ayudar a disminuir o combatir algunos aspectos como reducción de ruido, mejora de calidad de aire, conservación de energía, disminución de corriente pluvial, entre otros; sin embargo, no son las más recomendadas para la reforestación de las ciudades ya que además de que conforman ecosistemas urbanos con menos similitud a la vegetación rural adyacente a la ciudad, pueden potencialmente convertirse en especies invasoras y desplazar a los elementos nativos (Vázquez *et al.* 2005).

Algunas de las propiedades que deberían tener las especies establecidas de manera intencional para proveer beneficios ambientales en las ciudades se mencionan en el cuadro 1.

DIVERSIDAD

Con la finalidad de tener una idea sobre la composición general del arbolado urbano en Michoacán, se llevó a cabo el presente estudio en el que se seleccionaron seis de las ciudades más pobladas del estado (Morelia, Uruapan, Ciudad Hidalgo, Zamora, Apatzingán, Lázaro Cárdenas; INEGI 2010) para realizar recorridos que permitieran registrar las especies arbóreas que se encuentran en los camellones, bulevares y plazas más importantes de dichas ciudades; cabe señalar que este ejercicio no buscó compilar un listado florístico detallado, sino proporcionar un panorama general sobre las especies arbóreas más conspicuas y comunes de cada ciudad.

Durante los recorridos se contabilizaron 98 especies (95 identificadas) pertenecientes a 42 familias (apéndice 29), siendo Leguminosae y Moraceae las mejor representadas (nueve y ocho especies, respectivamente).

Del total de especies registradas, 49 son nativas a México y 49 introducidas (exóticas). Cabe destacar que Uruapan fue la ciudad con mayor riqueza de especies arbóreas (48), seguida por Morelia (42), Apatzingán (40), Zamora y Lázaro Cárdenas (ambas con 37), mientras que en Ciudad Hidalgo se registró el menor número de especies (31). Las ciudades con mayor número de especies exóticas fueron Uruapan y Zamora (figura 1).

El caso de la flora urbana de Ciudad Hidalgo es preocupante, ya que además de su plaza principal difícilmente se localizan otras áreas verdes, hecho que puede explicar la baja riqueza arbórea de dicha ciudad. Eso pone de manifiesto la necesidad de crear y mantener más áreas verdes, y de mayor tamaño, para conservar la flora local y mejorar la provisión de servicios ambientales en las ciudades.

En relación con las especies más abundantes, en Lázaro Cárdenas se registró rosa morada (*Tabebuia rosea)* y palmera real (*Roystonea regia*; figura 2), mientras que en Apatzingán fue cóbano (*Swietenia humilis*).

CUADRO 1. Propiedades deseables en especies de flora para uso urbano.

Propiedades	Ventajas	Ejemplos
Fácil propagación	Reducción de tiempo y costos en la producción de planta	*Prunus serotina, Erythrina americana*
Resistencia a condiciones limitantes	Reducción de costos de mantenimiento y aumento en la tasa de sobrevivencia	*Pithecellobium dulce, Swietenia humilis*
Rápido crecimiento	Establecimiento de parches de vegetación proporcionando con mayor rapidez servicios ecosistémicos	*Ceiba pentandra, C. aesculifolia, Tabebuia rosea, T. donnell-smithii*
Buena producción de hojarasca	Alta productividad y reciclaje de nutrientes	Leguminosas, *Swietenia humilis*
Utilidad adicional	Aumento en la frecuencia de uso	*Pithecellobium dulce, Bursera copallifera*
Nula o poca tendencia a formar maleza	Previene la invasión a los sistemas naturales	Varias especies
Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas	Compensa el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrimentos en el suelo	Una gran cantidad de leguminosas arbóreas, *Leucaena* sp.
Favorecimiento de flora y fauna nativa	Reintegración de los elementos nativos de la zona	*Crataegus pubescens, Licania arborea, Prunus serotina, Pithecellobium dulce, Psidium sartorianum*

Fuente: adaptación de Vázquez *et al.* 2005.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

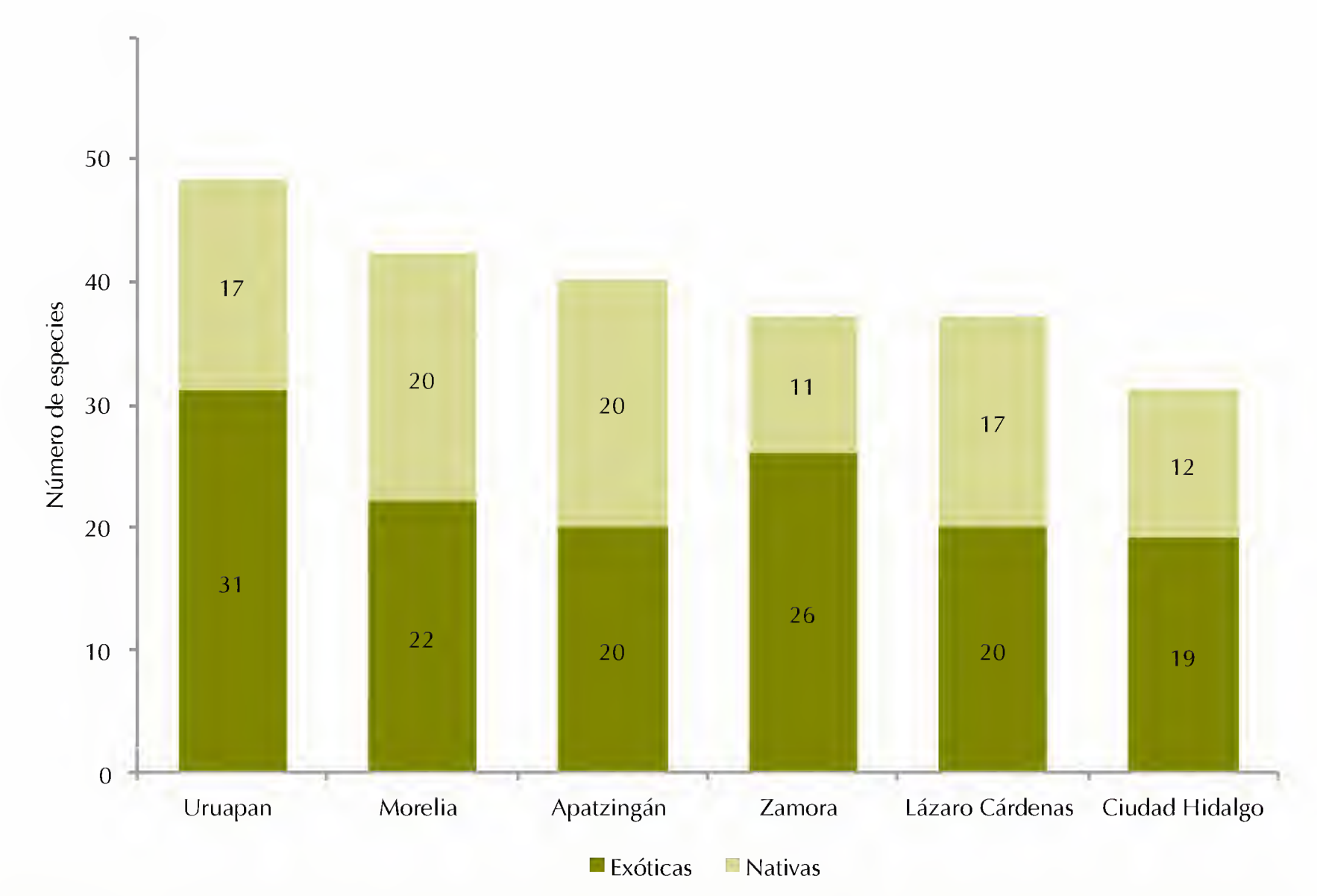


FIGURA 1. Número de especies arbóreas nativas y exóticas en seis ciudades del estado. Fuente: elaboración propia con datos del apéndice 29.

FIGURA 2. Arbolado urbano de Lázaro Cárdenas como centro de recreación y paseo; resalta a la izquierda una especie de rosa morada o roble (*Tabebuia rosea*), a la derecha un almendro (*Terminalia catappa*) y al centro, aunque con pequeñas dimensiones un ficus (*Ficus benjamina*). Foto: Aglaen Carbajal Navarro.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

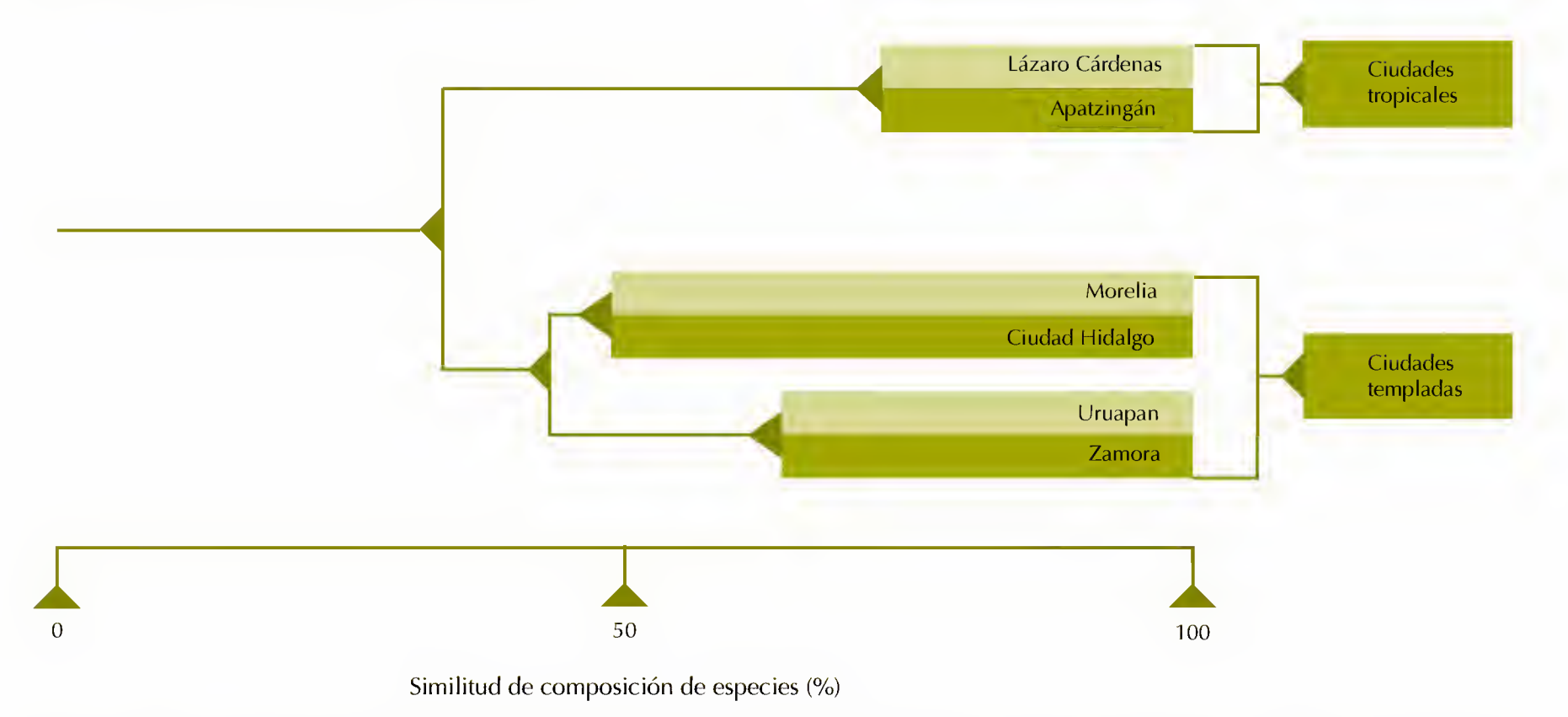


FIGURA 3. Dendrograma de similitud de especies de flora urbana, en seis ciudades de Michoacán. Fuente: elaboración propia.

El resultado del análisis de similitud, el cual agrupa las ciudades estudiadas por la cantidad de especies que comparten, muestra un conjunto de ciudades tropicales y otro de ciudades templadas. El primero conformado por Lázaro Cárdenas y Apatzingán, y en el segundo se encuentran Morelia, Ciudad Hidalgo, Uruapan y Zamora (figura 3).

DISTRIBUCIÓN

Se encontraron especies ampliamente distribuidas en todas las ciudades, como palma de abanico (*Washingtonia robusta*), galeana (*Spathodea campanulata*), ficus (*Ficus benjamina*), laurel de la India (*Ficus microcarpa*) y eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*). Otras especies sólo se registraron en una de las seis ciudades; es decir, son especies poco utilizadas en la reforestación de zonas urbanas (33 del total de especies registradas). Por otro lado, sólo seis especies fueron registradas en cinco de las seis ciudades: mango (*Mangifera indica*), palma cubana (*Roystonea regia*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), níspero (*Eriobotrya japonica*), pinzán o guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y guayaba (*Psidium guajava*).

Aún cuando las especies nativas del país representaron cerca de la mitad de la riqueza arbórea de las ciudades michoacanas, éstas suelen encontrarse en bajas densidades, con excepción del fresno presente en las ciudades templadas (Morelia, Uruapan y Zamora), así como de las especies primavera, rosa morada (figura 2) y cóbano, presentes en ciudades tropicales (Apatzingán y Lázaro Cárdenas). El resto de las especies nativas de México fueron registradas con bajo número de individuos y resalta el caso de nogalillo (*Cedrela odorata*) registrado en Morelia, sirimo (*Tilia americana* var. *mexicana*) presente en Zamora y Apatzingán, y capire (*Sideroxylon capiri*) en Apatzingán (figuras 4 y 5). Cabe destacar que estas especies se encuentran en las categorías sujeta a protección especial, en peligro de extinción y amenazada, respectivamente, de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

La vegetación urbana, principalmente sus árboles, ofrecen una amplia gama de servicios ecosistémicos: mejoran la calidad del aire; regulan la temperatura; conservan la energía y el agua; controlan la radiación solar; protegen al suelo contra la erosión; disminuyen la escorrentía pluvial y, por tanto, reducen el riesgo de inundaciones; aminoran los niveles de ruido; funcionan como pantalla protectora contra el viento y además representan el hábitat potencial para una gran cantidad de especies de vida silvestre (Nowak *et al.* 1997, McKinney 2008, MacGregor-Fors *et al.* 2009).

Aunque la vegetación urbana aislada, o árboles solitarios, juegan diversos papeles importantes (ecológico, social, cultural), la agregación de vegetación urbana en áreas verdes como parques, jardines y campos deportivos, amplía sus beneficios (Romero *et al.* 2001).

Además de los innumerables beneficios ambientales de las áreas verdes en las ciudades, la vegetación urbana también juega un papel social importante (Hong *et al.* 2008). Las zonas rodeadas por áreas verdes urbanas y el arbolado urbano disperso son un soporte básico para el esparcimiento y la recreación humana (Soleki y Welch 1995), y generalmente son concebidas por la gente como sitios óptimos para vivir, trabajar o pasar el tiempo libre

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Jardín Azteca en Morelia, una plaza pequeña con especies nativas en su mayoría, incluyendo dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: al centro y sin follaje sirimo (*Tilia americana* var. *mexicana*) y a la derecha nogalillo (*Cedrela odorata*), además se puede apreciar *Taxodium mucronatum* al centro con follaje y *Yucca filifera* del lado izquierdo. Foto: Aglaen Carbajal Navarro.

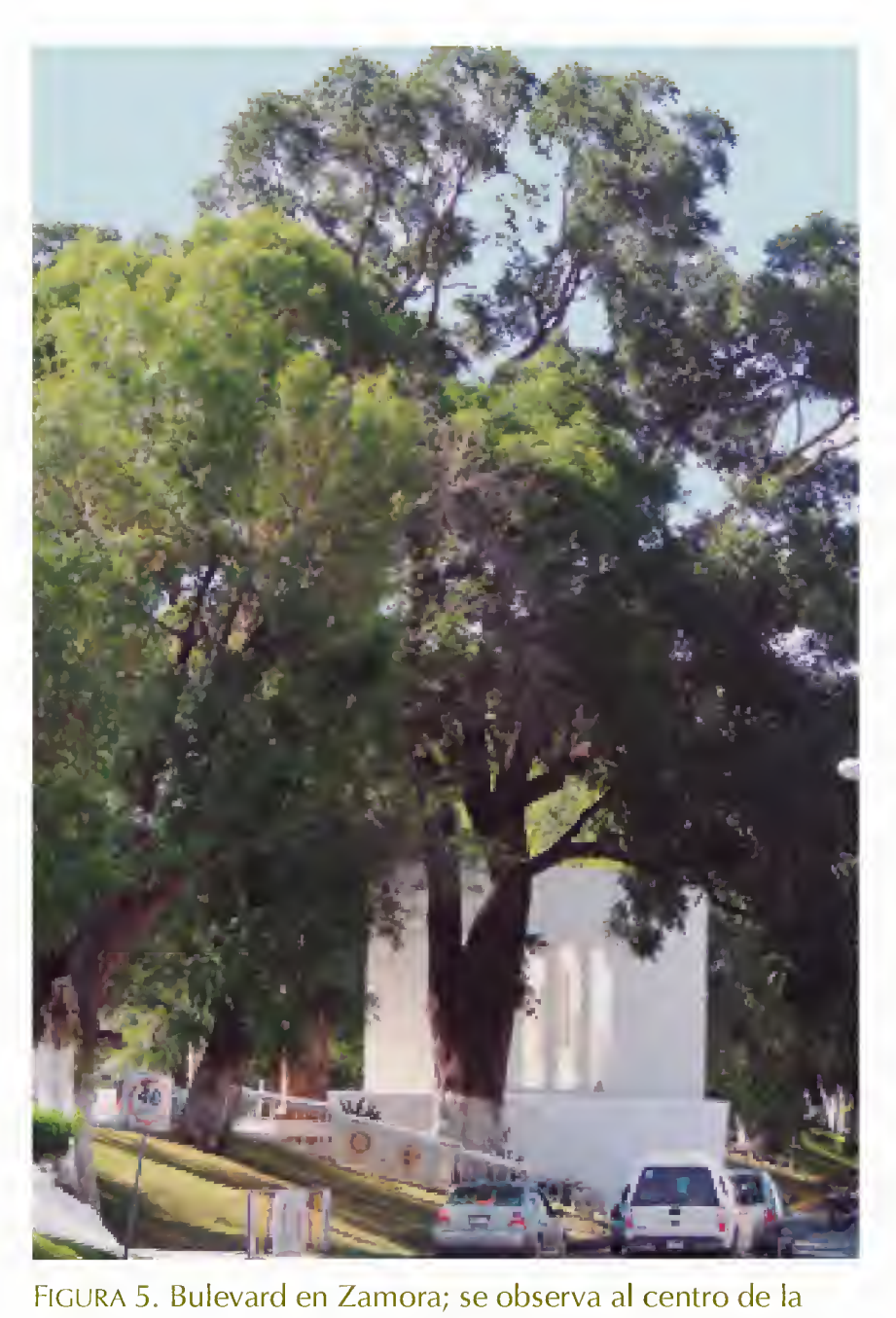


FIGURA 5. Bulevard en Zamora; se observa al centro de la imagen el nogalillo (*Cedrela odorata*), especie nativa y bajo protección especial. Foto: Aglaen Carbajal Navarro.

(Rapoport *et al.* 1983). Por otra parte, se ha documentado que la ausencia de elementos de vegetación en el entorno urbano es causa de irritabilidad, tristeza y angustia de los habitantes de las urbes, provocando las llamadas "enfermedades de la ciudad" (cansancio, estrés, neurosis y jaquecas, entre otras) que afectan el bienestar y la calidad de vida de los pobladores (Zohn 1995).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Debido a la importancia que tiene la vegetación urbana, algunas de las grandes ciudades del mundo han tomado cartas en el asunto; por ejemplo, el Plan Regional de Nueva York postuló que se requieren 11 m^2 de espacios verdes por habitante, mientras que el Plan del Condado de Londres calculaba 16 m^2 y el de Extensión de París consideraba apropiada una superficie de 17 m^2 (Meza y Moncada 2010).

Aunque en México no se cuenta con estudios que permitan establecer la cantidad de área verde que sería apropiada por habitante en las diferentes regiones del país, existen algunos trabajos que la han cuantificado para grandes ciudades (Zamudio 2001, Chacalo 2009). En el área metropolitana de Monterrey existe un promedio de 3.9 m^2 de área verde por habitante, eso como resultado de un programa pionero para aumentar la cobertura de árboles con especies nativas en la ciudad,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

lo cual ha tenido implicaciones positivas, tanto ecológicas como sociales; cabe destacar que la diversidad arbórea del área metropolitana de Monterrey es de 115 especies, de 73 géneros y 37 familias (Alanís 2005).

Para el caso específico de la ciudad de Morelia, se han realizado dos estudios previos en relación con su arbolado. En el primero, Guerrero (1997) registró un total de 136 especies de árboles, arbustos y especies trepadoras a lo largo y ancho de la ciudad; en el segundo, Madrigal-Sánchez y Gómez-Peralta (2007) identificaron 67 especies de árboles ubicados dentro de la ciudad y sus alrededores, de las cuales 35 son introducidas (exóticas) y 32 son nativas de México. De acuerdo con Madrigal-Sánchez y Gómez-Peralta (2007), la edad de los árboles de la ciudad de Morelia oscila entre cinco y 25 años, y las especies de árboles registradas como comunes son principalmente exóticas: jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), trueno (*Ligustrum japonicum*), galeana (*Spathodea campanulata*), laurel de la India (*Ficus retusa*), ficus benjamina (*Ficus benjamina*), orquídea de primavera (*Bahuinia variegata*) y casuarina (*Casuarina equisetifolia*); la única especie nativa registrada como común fue fresno (*Fraxinus uhdei*).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

En la flora urbana del estado, las especies exóticas (no nativas al país) no tienen amenazas para su conservación ya que aunque se encuentran fuera de su área de distribución han sido ampliamente propagadas. Algunas especies nativas de uso frecuente en varias ciudades del país son: fresno (*Fraxinus uhdei*), primavera (*Tabebuia donell-smithii*), rosa morada (*Tabebuia rosea*) y cóbano (*Swietenia humilis*), por lo que su estado de conservación no se encuentra comprometido.

Situación distinta registran las especies nativas de distribución restringida o en algún estatus de protección oficial, ya que su presencia en las ciudades michoacanas es escasa, al igual que en los hábitats naturales donde se encuentran. Tal es el caso de nogalillo (*Cedrela odorata*), sirimo (*Tilia americana* var. *mexicana*) y capire (*Sideroxylon capiri*), tres especies nativas que se encuentran en alguna categoría de protección en la NOM-059 (SEMARNAT 2010; apéndice 29).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Son escasas las acciones de conservación enfocadas hacia el grupo de los árboles urbanos, ya que se trata de una agrupación artificial de especies con el fin de obtener diversos servicios ambientales, principalmente estéticos, y sólo la fracción de especies nativas de distribución restringida o en algún estatus de protección han recibido acciones de conservación de manera urgente.

Entre las pocas iniciativas de conservación de estas especies destacan esfuerzos aislados de académicos de la Facultad de Biología de la UMSNH, del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM campus Morelia (IIES), y los de instituciones gubernamentales como el Parque Estatal Cerro Punhuato y la Comisión Forestal de Michoacán (COFOM), en donde se han propagado varias especies arbóreas nativas del estado (algunas bajo categoría de riesgo en la NOM-059) con fines de restauración ecológica y reintroducción al medio natural, pero que también han sido usadas en menor medida para reforestación urbana (véase Restauración ecológica, en esta obra).

VACÍOS DE INFORMACIÓN

La principal limitación para el uso de especies nativas en la reforestación urbana es el escaso conocimiento que se tiene en México sobre las especies con potencial para este propósito, además del desconocimiento de sus requerimientos ambientales y su tolerancia para dicho fin. En el estado son escasas las listas de especies nativas susceptibles de ser usadas en reforestación urbana (García Ruiz y Linares Linares 2012).

La reforestación con especies nativas debe partir de una investigación regionalizada acerca de sus propiedades, para decidir si son favorables para campañas de mejoramiento de suelos degradados, reforestación y restauración de hábitats. En la etapa de selección de especies es importante el conocimiento tradicional de la flora por parte de las comunidades humanas locales. Asimismo, con la finalidad de dar seguimiento a esas actividades se requiere generar líneas de investigación para realizar estudios científicos permanentes de las especies propuestas, como son los ensayos de procedencias, estudios sobre resistencia a los cambios climáticos, al estrés hídrico, a plagas y enfermedades, tolerancia a la contaminación ambiental, etc. Finalmente, es indispensable que las plantaciones urbanas se establezcan siempre a través de agrupaciones o asociaciones multidisciplinarias que propongan soluciones urbanísticas, estéticas y ecológicas (García Ruiz y Linares Linares 2012).

CONCLUSIONES

El establecimiento de áreas verdes urbanas no consiste solamente en plantar árboles, se requiere de análisis detallados de las condiciones del suelo, infraestructura urbana adyacente, tamaño del sitio, así como conoci-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

miento del clima y la ubicación de la ciudad. Uno de los puntos medulares del establecimiento de un área verde urbana, por pequeña que sea, es la selección de las especies que serán utilizadas para cubrir la superficie en cuestión.

En general, se recomienda el uso de especies nativas (apéndice 29), ya que tienen como ventaja que están adaptadas ecológicamente al área y crecen con mayor facilidad (Alanís 2005). Además, al plantar árboles que son propios del lugar se han observado buenos resultados, puesto que la presencia de árboles nativos atrae fauna nativa (McKinney 2008). Por el contrario, está la opción de plantar especies que no son propias del área urbana en cuestión, llamadas introducidas o exóticas, y aunque éstas pueden brindar algunos beneficios, no son las más recomendadas debido a que también pueden causar problemas ambientales, como cambios en los ciclos biogeoquímicos, expansión hacia áreas de vegetación natural y consecuente desplazamiento de especies nativas.

Algunas recomendaciones específicas para la selección de especies para áreas verdes urbanas son:

- Incorporar más especies nativas y realizar investigación científica para incrementar el conocimiento sobre dichas especies y su potencial para uso urbano
- Utilizar, en ciudades templadas, especies caducifolias de invierno, como el fresno (*Fraxinus uhdei*) que carece de follaje en dicha estación permitiendo que el sol caliente las construcciones, y que ya recuperado su follaje en primavera disminuya la temperatura
- Tomar en cuenta variables como: especie seleccionada y superficialidad del sustrato en que serán plantadas; tipo de cimiento de la calle o banqueta; tamaño del sitio de plantado y distancia entre los árboles con respecto a la infraestructura urbana; todo para evitar afectaciones
- Limitar el uso de especies introducidas (exóticas) problemáticas como eucalipto (*Eucalyptus* spp.) que secreta sustancias que inhiben el crecimiento de la vegetación adyacente, alcanza grandes dimensiones y sus ramas se desprenden con facilidad, lo que puede derivar en daño a los transeúntes, automóviles y edificaciones; o álamo (*Populus tremuloides*), que produce una sustancia que mancha y daña la pintura de automóviles, por lo que no debe ser plantado en estacionamientos
- Difundir entre la población la importancia de utilizar especies nativas como parte del arbolado urbano, así como darlas a conocer mediante señalética en plazas y boulevares

REFERENCIAS

Alanís, G.J. 2005. El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia* UANL 7:20-32.

Berkowitz, A.R., C.H. Nilon y K.S. Hollweg. 2003. The importance of understanding urban ecosystems: themes. En: *Understanding urban ecosystems. A new frontier for science and education.* C.H. Nilon, A.R. Berkowitz y K.S. Hollweg (eds.). Springer-Verlag, Nueva York, pp. 15-17.

Buyantuyev, A. y J. Wu. 2010. Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatio temporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *Landscape Ecology* 25:17-33.

Chacalo, A. 2009. *Árboles y arbustos para ciudades.* UAM, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2013. *Ciudad verde, ciudad viva. ¿De qué color vives?* CONABIO, México.

Ferguson, G. y A.D. Woodbury. 2007. Urban heat island in the subsurface. *Geophysical Research Letters* 34:L23713.

Forman, R. 2008. *Urban regions: ecology and planning beyond the city.* Cambridge University Press, Nueva York.

García Ruiz, I. y A. Linares Linares. 2012. *Árboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano.* El Colegio de Michoacán/CIIDIR-IPN Unidad Michoacán, México.

Grimm, N.B., S.H. Faeth, N.E. Golubiewski *et al.* 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* 319:756-760.

Guerrero, M.L. 1997. *Árboles, arbustos y especies trepadoras cultivadas de la ciudad de Morelia.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Ciudades con mayor número de habitantes en Michoacán. En: *<http://www.inegi.org.mx/>,* última consulta: 27 de octubre del 2013.

Hong, S.K., N. Nakagoshi, B. Fu e Y. Morimoto. 2008. *Landscape ecological applications in man-influenced areas. Linking man and nature systems.* Springer, Países Bajos.

Madrigal-Sánchez, X. y M. Gómez-Peralta. 2007. Árboles de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. *Biológicas* 9:12-22.

McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11:161-176.

MacGregor-Fors, I., R. Ortega-Álvarez y J.E. Schondube. 2009. On the ecological quality of urban systems: an ornithological perspective. En: *Urban planning in the 21st century.* D.S. Graber y K.A. Birmingham (eds.). Nova Science Publishing, pp. 51-66.

Meza, A.M. y J.M. Moncada. 2010. Las áreas verdes de la ciudad de México. Un reto actual. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* 14:56-60.

Nowak, D., J.F. Dwyer y G. Childs. 1997. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. En: Áreas *verdes urbanas en Latinoamerica y el Caribe.* L. Krishnamurthi y J. Rente Nascimento (eds.). Banco Interamericano de Desarrollo, pp.17-38

Rapoport, E., M.E. Díaz Betancourt e I.R. López Moreno. 1983. *Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México. Flora de las calles y baldíos.* Ed. Limusa, México.

Romero, H., X. Toledo, F. Órdenes y A. Vásquez. 2001. Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo* 17:45-51.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre del 2010 en el DOF. Texto vigente.

Solecki, W.D. y J.M. Welch. 1995. Urban parks: green spaces or green walls? *Landscape and Urban Planning* 32:93-106.

Vázquez, H.J., J. Grabinsky, A. Chacalo y A. Aldama. 2005. Inventario del arbolado urbano de la delegación Azcapotzalco. *Arbórea* 7:25-29.

Zamudio, C.E. 2001. *Análisis del comportamiento del arbolado urbano público durante el periodo de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, Nuevo León.* Tesis de maestría en ciencias forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Zohn, A. 1995. *Manual de vegetación urbana para Guadalajara, Jalisco.* Ayuntamiento de Guadalajara/Banca Promex/Editorial Agata, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Árboles en camellones y banquetas de Morelia

IAN MACGREGOR FORS Y MIRALBA CONEJO GUTIÉRREZ

Los árboles ubicados en los camellones y banquetas urbanas desempeñan diversas e importantes funciones ecológicas, climáticas, económicas y sociales (Dwyer *et al.* 1992, Solecki y Welch 1995, McPherson *et al.* 1999, Nowak 2006, Grimm *et al.* 2008). Sin embargo, los árboles ubicados fuera de áreas verdes pueden ocasionar daños a la infraestructura urbana (Cullen 2005), entre los cuales destaca la ruptura de camellones, banquetas y calles causada por el crecimiento de sus raíces (Čermák *et al.* 2000, Randrup *et al.* 2001, Prax y Čermák 2004, Gilman 2006). Debido a lo anterior, es importante estudiar y conocer las especies de árboles que son plantadas en esos espacios de las ciudades, así como reconocer sus características e historia natural con la finalidad de aprovechar sus beneficios y reducir los daños.

Para conocer las especies de árboles existentes en los camellones y banquetas de las principales vialidades de la ciudad de Morelia, se identificaron los especímenes en: 1) calzada La Huerta-avenida Francisco I. Madero; 2) avenida Solidaridad; 3) avenida Camelinas; 4) avenida Pedregal y 5) bulevard García de León. Todas las especies fueron identificadas con base en ejemplares colectados *in situ* y depositados posteriormente en el herbario del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Biología de la UMSNH.

Se identificaron un total de 33 especies de árboles en las cinco vialidades estudiadas. Las especies más abundantes, con más de 50 individuos registrados, fueron: ficus (*Ficus benjamina*), fresno (*Fraxinus uhdei*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), álamo (*Populus tremuloides*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y laurel de la India (*Ficus retusa*). De éstas, sólo el fresno y el álamo son nativas del país. Asimismo, se identificaron un número limitado de individuos (cinco o menos) para la mayoría de las especies (19), 42% de las cuales son nativas al país. Tal fue el caso del pino piñonero (*Pinus cembroides*), álamo blanco (*Populus alba*), guayabo (*Psidium guajava*), aguacate (*Persea americana*), zapote blanco (*Casimiroa edulis*), colorín (*Erythrina americana*), pino (*Pinus leiophylla*) y capulín blanco (*Ehretia latifolia*).

Es relevante mencionar que se registraron más daños en las banquetas que en los camellones donde crecían árboles (figura 1). Entre las características de las especies relacionadas con ese daño a la infraestructura urbana sobresalieron: el diámetro a la altura del pecho (DAP), la distancia entre los árboles y la infraestructura urbana en cuestión.

Por un lado, el DAP de los árboles mostró una relación positiva con el nivel de daño a la infraestructura urbana, mientras que la distancia entre los árboles y la infraestructura urbana en cuestión mostraron una relación negativa (Conejo-Gutiérrez 2011); es decir, entre más grandes los troncos de los árboles mayor el daño a la infraestructura, y entre mayor la distancia del arbolado a la infraestructura menor el daño a la misma. Eso concuerda con estudios anteriores que han reportado más efectos negativos sobre la infraestructura en aquellas zonas urbanas donde los árboles fueron plantados en espacios limitados (Zohn 1995, Randrup *et al.* 2001, Jim 2003, Prax y Čermák 2004).

FIGURA 1. Levantamiento de una banqueta debido a la plantación de un fresno (*Fraxinus uhdei*) en un espacio reducido. Foto: Aglaen Carbajal Navarro.

MacGregor-Fors, I. y M. Conejo Gutiérrez. 2019. Árboles en camellones y banquetas de Morelia. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 287-288.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los árboles de Morelia han mostrado tener una importancia ecológica sobresaliente (MacGregor-Fors *et al.* 2010, 2011, 2012), además de ser positivamente valorados por sus habitantes (Camacho-Cervantes *et al.* 2014). Sin duda, más estudios sobre el arbolado de dicha ciudad permitirían contar con mayor conocimiento para comprender su complejidad, así como para identificar aquellas especies con características ideales, desde las perspectivas social y ecológica, para ser incluidas como parte del arbolado urbano, e incluso sustituir algunas especies exóticas.

Dicha identificación de especies puede derivar en una lista de árboles sugeridos para su uso en la ciudad y deberá ser generada por expertos en distintas temáticas (botánica, ecología, manejo de arbolados y planeación urbana), siempre tomando en cuenta el origen de las especies y que el crecimiento y necesidades sean acordes a las características físicas y ambientales de la ciudad. Finalmente, dicha información debería ser considerada para la toma de decisiones en lo referente al arbolado urbano de la ciudad.

REFERENCIAS

Camacho-Cervantes, M., J.E. Schondube, A. Castillo e I. MacGregor-Fors. 2014. How do people perceive urban trees? Assessing likes and dislikes in relation to the trees of a city. *Urban Ecosystems* 17:761-773.

Čermák, J., J. Hruška, M. Martinková y A. Prax. 2000. Urban tree root systems and their survival near houses analyzed using ground penetrating radar and sap flow techniques. *Plant and Soil* 219:103-116.

Conejo-Gutiérrez, M. 2011. *Análisis de la relación entre las características de los árboles y el daño que causan sobre las banquetas y camellones de la ciudad de Morelia, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Cullen, B.S. 2005. Trees and wind: a practical consideration of the drag equation velocity exponent for urban tree risk management. *Journal of Arboriculture* 3:101-113.

Dwyer, J.F., E.G. McPherson, R.A. Rowntree y H.W. Schroeder. 1992. Assessing the benefits and costs of the urban forest. *Journal of Arboriculture* 5:227-234.

Gilman, E.F. 2006. Deflecting roots near sidewalks. *Arboriculture & Urban Forestry* 1:18-23.

Grimm, N.B., H. Stanley Faeth, N.E. Golubiewski *et al.* 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* 319:756-760.

Jim, C.Y. 2003. Protection of urban trees from trenching damage in compact city environments. *Cities* 20:87-94.

MacGregor-Fors, I., L. Morales-Pérez y J.E. Schondube. 2010. Migrating to the city: responses to neotropical migrant bird communities to urbanization. *The Condor* 112:711-717.

——. 2011. Does size really matter? Species-area relationships in human settlements. *Diversity and Distributions* 17:112-121.

——. 2012. From forests to cities. Effects of urbanization on tropical birds. En: *Urban bird ecology and conservation. Studies in avian biology.* C.A. Lepczyk y P.S. Warren (eds.). University of California Press, Berkeley, pp. 33-48.

McPherson, E.G., J.R. Simpson, P. Peper y Q. Xiao. 1999. Benefit-cost analysis of Modesto's municipal urban forest. *Journal of Arboriculture* 25:235-248.

Nowak, D.J. 2006. Institutionalizing urban forestry as a "biotechnology" to improve environmental quality. *Urban Forestry & Urban Greening* 5:93-100.

Prax, P. y J. Čermák. 2004. Urban tree root systems and tree survival near sewers and other structures. En: *Enhancing urban environment by environmental upgrading and restoration.* J. Marsalek, D. Sztruhar y M. Guilianelli (eds.). Kluwer Academic Publishers, EUA, pp.45-56.

Randrup, T.B., E.G. McPherson y L.R. Costello. 2001. A review of root conflicts with sidewalks, curbs and roads. *Urban Ecosystems* 5:209-225.

Solecki, W.D. y J.M. Welch. 1995. Urban parks: green spaces or green walls? *Landscape and Urban Planning* 32:93-106.

Zohn, A. 1995. *Manual de vegetación urbana para Guadalajara, Jalisco.* Editorial Agata, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

La vía verde de la región de La Huacana

MARIO MANUEL ROMERO TINOCO Y JOSÉ ARNULFO BLANCO GARCÍA

México, Michoacán y en particular la región del bajo Balsas-Infiernillo, son un extenso medio natural con una alta biodiversidad de plantas y animales, donde abundan los bosques y las selvas (Rzedowski 1978, Ponce *et al.* 2004, Burgos, *et al.* 2010*b*, CONANP 2014); sin embargo, los recursos vegetales silvestres de la región de Tierra Caliente michoacana han sido mal manejados o destruidos, sobre todo por cambios de uso del suelo para agricultura y ganadería, y en función del escaso valor económico directo que se considera tienen para las comunidades (Burgos *et al.* 2010*a*).

Una alternativa para compensar lo anterior es revalorar tanto los usos tradicionales como los diversos servicios que estos recursos prestan a nivel hidrológico, pecuario, como hábitat de la vida silvestre y como conexión entre áreas de vegetación nativa, entre otros.

En ese sentido, para incidir sobre todo en el aspecto educativo y de cultura ambiental, como una posibilidad de que los caminos federales, estatales, municipales y vecinales deriven en un mejoramiento del medio y del paisaje, desde hace algunos años a través de la Facultad de Biología de la UMSNH se implementó, en el municipio de La Huacana –situado en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, en plena Tierra Caliente– un programa que consiste en la forestación de carreteras con especies de plantas nativas; es decir, aquellas que son parte de la vegetación natural de la región.

En 1990, en el municipio citado se realizaron algunas actividades de reforestación con plantas recuperadas de los viveros comunitarios y con la participación de diversas escuelas de la cabecera municipal. En los años siguientes se continuó con acciones similares, tanto en la zona urbana y suburbana de La Huacana, como en Churumuco y Buena Vista Tomatlán, siempre bajo la coordinación del Laboratorio de Educación Ambiental de la Facultad de Biología de la UMSNH.

FIGURA 1. Vía verde en la carretera Cuatro Caminos-La Huacana. Foto: Aglaen Carbajal Navarro.

Romero Tinoco, M. y A. Blanco-García. 2019. La vía verde de la región de La Huacana. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 289-290.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies utilizadas en la vía verde, en el municipio de La Huacana.

Nombre científico	Nombre común	Época de floración	Color de flores
Swietenia humilis	Cóbano	Marzo-abril	Sin color, follaje siempre verde
Tabebuia rosea	Palo yugo	Febrero-mayo	Rosa
T. palmeri	Caña fístula	Diciembre-febrero	Lila
T. donell-smithii	Primavera	Febrero-marzo	Amarilla
Senna spectabilis	Lluvia de oro	Abril-mayo	Amarilla

La selección de especies estuvo a cargo de expertos en botánica de la Facultad de Biología de la UMSNH.
Fuente: elaboración propia.

Desde el 2000, y con el apoyo de los gobiernos locales, en el municipio de La Huacana se realiza un fuerte trabajo de reforestación en los márgenes de las carreteras para conformar vías verdes, acciones que han avanzado aproximadamente 40 km de longitud hacia ambos lados de las carreteras, sobre todo de aquellas que conducen de la cabecera municipal de La Huacana hacia localidades como Cuatro Caminos, Poturo y Ario de Rosales (figura 1).

En las actividades citadas, de la biodiversidad de plantas de la región se han seleccionado especies arbóreas con valor ornamental y características fisonómicas y ciclos de vida adecuados para los fines de este proyecto, que es la conformación de un paisaje que enriquezca las condiciones ambientales (aspecto escénico, refugio para especies de fauna de ambientes transformados, como carreteras, zonas de cultivo, potreros, etc.), contribuyendo además a mejorar la experiencia visual del viajero al transitar dicha ruta.

Además, el arbolado que compone la llamada vía verde funciona como una pantalla protectora contra el viento, ya sea desviándolo o reduciendo su velocidad; asimismo, es un método eficiente para el control de la radiación solar y además un elemento que promueve la conexión entre parches de vegetación, funcionando como corredor para la fauna nativa, sobre todo en donde la carretera había segmentado zonas de vegetación boscosa. Los árboles empleados se han ordenado tomando en cuenta el tipo de crecimiento, el color de sus flores y la época de floración (cuadro 1); las especies utilizadas florecen en diferentes épocas, lo que asegura que a lo largo de todo el año habrá floración por lo menos de alguna de ellas.

Se utilizaron cinco especies nativas que fueron plantadas cada 10 m en la siguiente secuencia: 1) *Swietenia humilis*, 2) *Tabebuia rosea* (rosa morada), 3) *T. palmeri*, 4) *T. donell-smithii* y 5) *Senna spectabilis*. El color de las flores es muy variado incluyendo el verde, rosa, lila y amarillo.

CONCLUSIONES

La propuesta de vías verdes se ha enmarcado en los ejes de trabajo y políticas de inversión del desarrollo social y ambiental, ya que el proyecto implica la conservación y manejo de especies nativas de árboles, que a través de la plantación mejoran el paisaje y el ambiente en las vías de comunicación de la región, y favorece la participación de niños y jóvenes, fortaleciendo la red comunitaria y elevando la cultura ambiental.

Las diversas actividades contempladas en el proyecto han incidido también en la generación de empleo de manera temporal –en una región muy deprimida por la falta de oportunidades y la consecuente emigración– y, sobre todo, en la conservación de los recursos naturales y el mejoramiento ambiental, que son de gran importancia ya que se favorece la conexión entre diferentes ecosistemas, dada la ubicación geográfica del municipio.

REFERENCIAS

Burgos, A., A. Tinoco, G. Solorio *et al.* 2010*a*. Diagnóstico socioeconómico como base para el Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. GTZ/CONANP, México.

Burgos, A., G. Cuevas, T. Carlón *et al.* 2010*b*. Determinación de cambios de uso del suelo como base del ordenamiento territorial de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. GTZ/CONANP, México.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. México. En: *<https://www.gob.mx/conanp>*, última consulta: 2 de diciembre del 2014.

Ponce, J., E. Carranza, R.J. Moreno *et al.* 2004. Caracterización de dos variantes de selva baja caducifolia en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Biológicas* 6:56-57.

Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Ed. Limusa, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Invertebrados marinos

HÉCTOR HUGO NAVA BRAVO, FRANCISCO ALONSO SOLÍS MARÍN, ALMA LILIA FUENTES FARIAS, JOSÉ ANTONIO CRUZ BARRAZA, JOSÉ ROLANDO BASTIDA ZAVALA, ALFREDO LAGUARDA FIGUERAS, MARÍA DEL SOCORRO GARCÍA MADRIGAL, ARMANDO SOSA YAÑEZ, ESPERANZA MELÉNDEZ HERRERA, LUZ LILIA JIMÉNEZ RICO Y CARLOS ANDRÉS CONEJEROS VARGAS

INTRODUCCIÓN

Como invertebrados marinos se conoce a los organismos metazoarios (formados por múltiples células agrupadas en tejidos y que se alimentan de otros organismos; se mueven) carecen de columna vertebral y habitan en el mar, como esponjas, estrellas de mar, almejas y cangrejos, entre otros. Este grupo alcanza gran variedad de formas, tamaños y adaptaciones a todos los modos de vida en el océano, se distribuye desde las zonas intermareales hasta las profundidades abisales (Brusca y Brusca 2003), en donde gran parte de su diversidad ha permanecido oculta. Se trata de las especies más antiguas y numerosas del reino animal. Los registros fósiles confirman su existencia desde hace 600 millones de años. Algunos de esos grupos de invertebrados permanecen entre las criaturas modernas que pueblan los mares, incluidos moluscos, poliquetos, equinodermos, cnidarios y esponjas (Brusca y Brusca 2003). Actualmente, hay entre 200 y 230 mil especies descritas, que constituyen 75% de la fauna marina y se cree que pudieran existir un total de dos millones (Bouchet 2006, Mora *et al.* 2011).

DIVERSIDAD

México cuenta con gran diversidad de invertebrados marinos; en una primera aproximación se ha calculado que existen alrededor de 8 255 especies (CONABIO 1998). Las esponjas (Porifera) suman 517 especies registradas en el Pacífico, el golfo de México y el Caribe (Carballo *et al.* 2013), pero sólo existen 11 especies (10 de ellas identificadas) reportadas para la entidad (apéndice 30). Los cnidarios, representados por anémonas, medusas y corales, distribuidos en los dos litorales mexicanos suman cerca de 152 especies (Horta-Puga y Carricart-Ganivet 1993), aunque sólo se tienen registradas 47 (43 identificadas) para Michoacán (apéndice 31).

Los moluscos (caracoles, ostras y pulpos), son el grupo más diverso con cerca de 4 100 especies conocidas en el país (González 1993) de las cuales 287 se encuentran en las costas del estado (apéndice 32). Los poliquetos registrados en el país son alrededor de 1 500 especies (Tovar-Hernández *et al.* 2014), pero en Michoacán sólo se reportan 59 especies (apéndice 33). Los crustáceos suman 176 especies (165 identificadas) en el estado (apéndice 34). Los equinodermos, conocidos como pepinos y estrellas de mar, suman alrededor de 500 especies en el país (Wilson 1988) con 62 en la entidad (apéndice 35).

Nava, H., F.A. Solís-Marín, A.L. Fuentes-Farias, J.A. Cruz-Barraza, J.R. Bastida-Zavala, A. Laguarda-Figueras, M.S. García-Madrigal, A. Sosa-Yañez, E. Meléndez-Herrera, L.L. Jiménez-Rico y C.A. Conejeros-Vargas. 2019. Invertebrados marinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 291-306.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN

En Michoacán el conocimiento sobre la distribución de los invertebrados marinos muestra que en grupos como crustáceos y moluscos los registros se concentran en la zona litoral rocosa (en la costa noroeste), principalmente en zonas someras accesibles para realizar el muestreo; los poliquetos se han registrado sobre todo en la columna de agua (Fernández-Álamo 2002, 2004) y en el fondo marino profundo (a más de 2 200 m; Fauchland 1972, 1982), no hay registro de especies litorales hasta el momento; en el caso de cnidarios, como corales y esponjas, los registros se encuentran principalmente en el municipio de Aquila, en la costa noroeste del estado. Algunas localidades en donde se han realizado esfuerzos de investigación importantes son Faro de Bucerías, El Zapote de Madero y La Manzanillera, entre otras (Reyes-Bonilla *et al.* 2005).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

La importancia ecológica de los invertebrados marinos es evidente: contribuyen a la biomasa de su hábitat y son parte esencial de las redes tróficas del océano, además de participar en el reciclaje de nutrimentos y en la descomposición de la materia orgánica. Las esponjas marinas y los pepinos de mar mientras se alimentan ayudan a mantener la calidad ambiental mediante la depuración de grandes cantidades de agua y sedimento (Reiswig 1974, Moberg y Folke 1999, Burke y Maidens 2004).

Asimismo, la participación de algunos invertebrados en la construcción y transformación de hábitats que sostienen alta diversidad biológica es reconocida, algunos ejemplos son los grandes arrecifes de coral de los mares tropicales, los inmensos campos de esponjas silíceas del Atlántico norte y los extensos bosques de coral negro del Mediterráneo (Spalding *et al.* 2001, Bo *et al.* 2009, Marliave *et al.* 2009). Además, muchos invertebrados marinos regulan las poblaciones de otros organismos, eso mediante interacciones ecológicas como la competencia por el espacio, la depredación, el parasitismo y la herbivoría (figura 1).

En la entidad muchas especies de invertebrados marinos poseen un alto valor como fuente de proteína animal: la langosta y el pulpo son recursos bien valorados en las comunidades indígenas costeras (Guardado 2007); otras especies tienen alto valor cultural, espiritual o recreacional para los seres humanos, tal es el caso del caracol púrpura, cuyo uso tradicional en las comunidades indígenas nahuas de la costa noroeste de Michoacán es ancestral e incluye el teñido de hilo de algodón para usos ceremoniales.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Los invertebrados marinos de las regiones tropicales son probablemente uno de los grupos menos atendidos por la comunidad científica, debido en parte a la diversidad de especies existentes en estas latitudes y al subdesarrollo de la ciencia básica en esas regiones (Kemp *et al.* 2011). Derivado de lo anterior existen problemas en su taxonomía, ya que muchas especies son poco conocidas y difíciles de identificar. A pesar de esas limitaciones a nivel mundial la lista de invertebrados marinos que son considerados en riesgo ha incrementado. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) 1 306 especies de invertebrados marinos se encuentran actualmente en la lista roja de especies bajo algún nivel de amenaza.

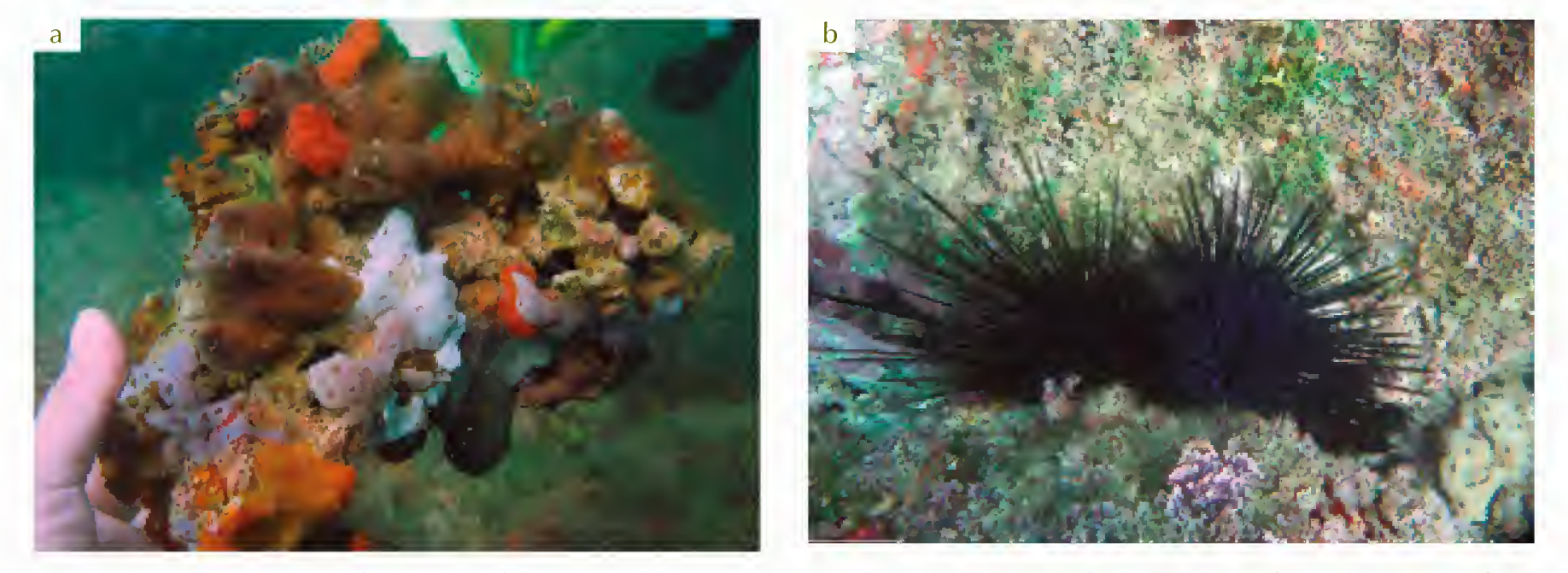


FIGURA 1. Interacciones ecológicas de algunos organismos marinos: a) competencia por el espacio entre distintas especies de esponjas marinas como *Mycale* (*Carmia*) *cecilia*, *Callyspongia californica* y *Haliclona* (*Soestella*) *caerulea*, b) los erizos de mar (*Diadema mexicanum*) son herbívoros importantes que mantienen controladas las poblaciones de algas. Fotos: Héctor Nava.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONOCIMIENTO DE LOS INVERTEBRADOS MARINOS

En México, la investigación de los invertebrados marinos se ha centrado en las especies más grandes, conspicuas y económicamente importantes, como la langosta, el ostión, el pulpo y el camarón, de las cuales se ha profundizado en su ciclo de vida, distribución y reproducción (Chávez *et al.* 2000, Alejo-Plata *et al.* 2009, Chávez-Villalba *et al.* 2010); las regiones más estudiadas en nuestro país son aquellas que se caracterizan por la alta abundancia de dichas especies, tal es el caso del golfo de California (la región pesquera más importante del país); en Michoacán se captura principalmente calamar, camarón, langosta y pepino de mar (CONAPESCA 2011).

La Facultad de Biología de la UMSNH ha realizado un notable esfuerzo por contribuir al conocimiento de la diversidad de invertebrados marinos de la costa michoacana. A través del Laboratorio de Invertebrados, creado en 1978, ha instaurado la colección de invertebrados que actualmente cuenta con un registro de 391 especies. En esa colección los moluscos son el grupo mejor representado, le siguen los artrópodos crustáceos de la clase Malacostraca (en donde se ubican cangrejos, langostas y camarones, entre otros) y en tercer lugar los equinodermos (representados principalmente por estrellas, erizos y pepinos de mar).

El grupo con menos especies identificadas es el de los cnidarios (medusas y corales) con 15 especies; está pendiente efectuar mayores estudios sobre poríferos (esponjas) y anélidos, de los cuales se tienen muy pocos registros.

PORÍFEROS

Los miembros del *phylum* Porifera (del latín *porus*: poro y *phorsis*: portar o llevar), mejor conocidos como esponjas, conforman uno de los grupos de metazoarios más primitivos que aún sobreviven en la naturaleza. Su existencia data del periodo ediacárico, hace más de 580 millones de años (Brusca y Brusca 2003).

Estudios filogenéticos basados en secuencias de ADN los ubican en la base del árbol evolutivo donde convergen todos los grupos de animales actuales.

La naturaleza sésil (adheridos al sustrato) de las esponjas causó que antiguamente fueran consideradas plantas, hasta el momento en que se describió su capacidad filtradora a través de células flageladas, lo que les confirió su ubicación en el reino animal (Ellis 1765). Entre sus características más sobresalientes está la carencia de tejidos y órganos verdaderos.

Diversidad

En el mundo se reconocen cerca de 8 400 especies, aunque se estima que la fauna mundial sobrepasa las 16 mil, por lo que aún existe un considerable número de especies sin describir (Soest 2007). Recientemente, se ha reportado que la fauna de poríferos de México se compone por 517 especies, la mayoría de la clase Demospongiae; el orden Poecilosclerida presenta la mayor diversidad, seguido por Haplosclerida y Hadromerida (Carballo *et al.* 2013). En una comparación del número de especies en los estados del litoral Pacífico mexicano se encontró que la zona costera de Michoacán está poco estudiada en relación a este grupo.

Se reportan 10 especies de esponjas, sólo nueve se encuentran formalmente registradas en CONABIO (SNIB-CONABIO, proyecto JF193). Ocho pertenecen a la familia Clionaidae (Clionaida): *Cliona vermifera*, *C. amplicavata*, *C. californiana*, *C. flavifodina*, *C. mucronata*, *C. tropicalis*, *Pione carpenteri* y *Thoosa calpulli*. Esas especies fueron encontradas en las inmediaciones de la zona sublitoral (de la línea de la marea baja hasta la plataforma continental) de Faro de Bucerías, en el municipio de Aquila, al suroeste del estado (coordenadas: 18° 20′ 49″ N y 103° 30′ 33″ O). Un registro adicional es el de *Suberea aztecus*, con descripción original de especie para Michoacán, aunque sin registro de localidad específica (Gómez y Bakus 1992).

Aunque el número de especies conocidas en el litoral michoacano aún es bajo, el estudio de los poríferos está en desarrollo. Resultados preliminares sugieren alta diversidad de esponjas en el área y, en casos específicos, la presencia de especies endolíticas (que viven en el interior del sustrato) potencialmente son nuevos hallazgos para la ciencia, como *Acarnus michoacanensis* y *Dercitus* sp., las cuales después de una exhaustiva revisión a lo largo del Pacífico mexicano se cree podrían ser endémicas del estado (Hancock 1867, Sollas 1878, Laubenfels 1932, Rützler 1974, Gómez y Bakus 1992, Carballo *et al.* 2004, Cruz-Barraza 2008, Cruz-Barraza *et al.* 2011; apéndice 30).

Importancia

Su importancia ecológica incluye la acción depuradora en la columna de agua, al retener cerca de 90% de las partículas flotadoras, incluidas células bacterianas y virus (Reiswig 1974, Hadas *et al.* 2006). Además, estos organismos fijan cantidades importantes de carbono que posteriormente forma parte de la biomasa (cantidad de materia viva acumulada) del bentos y albergan gran diversidad de simbiontes, entre los cuales se encuentran especies de algas y de bacterias nitrificantes que contribuyen a la productividad primaria, mediante la fotosíntesis, y a la interacción de elementos entre los seres vivos y el ambiente marino (ciclos biogeoquími-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cos; Webster 2007). Otras funciones relevantes incluyen su participación en la estabilización del sustrato, uniendo fragmentos de rocas, conchas y corales. Algunas especies son importantes competidores por el sustrato y agentes biológicos de destrucción de materiales calcáreos, función relevante para el reciclaje del carbonato y la modificación de las estructuras arrecifales de todo el mundo (Carballo *et al.* 2008).

CNIDARIOS

El *phylum* Cnidaria (del griego *cnidos*: ortiga) incluye organismos como anémonas, corales (clase Anthozoa) y medusas (clase Scyphozoa). Estos organismos son animales con simetría radial (su cuerpo puede dividirse en partes iguales) que tienen tentáculos alrededor de la zona bucal que les sirven para la alimentación (Brusca y Brusca 2003). En general, los cnidarios presentan morfologías de pólipo o medusa durante toda su vida y son comunes las formas coloniales en las que los individuos están interconectados. Esta última forma de vida implica que algunos individuos de la colonia se especializan en capturar alimento, otros en procesarlo y algunos en la reproducción (Brusca y Brusca 2005). Los pólipos viven fijos al sustrato, tienen una forma de saco relativamente sencilla y la boca se encuentra en la parte superior del cuerpo.

Las medusas son organismos móviles y presentan la boca dirigida hacia abajo, no obstante, algunas especies como *Nausithoe punctata* (orden Coronatae) y *Cassiopea* sp. (orden Rhizostomeae), presentan ambas formas a lo largo de su ciclo de vida (Brusca y Brusca 2003). Algunas especies de anémonas como *Actinia equina*, *A. kraemeri, Anemonia sulcata* y *Calliactis parasitica* son fuente de alimento para el ser humano en las costas del mar Mediterráneo (Friese 1972); sin embargo, en Michoacán aún no son aprovechadas.

Diversidad

Actualmente, se conocen 11 mil especies de cnidarios en todo el mundo, divididas en seis clases: Anthozoa, Cubozoa, Hydrozoa, Myxozoa, Scyphozoa y Staurozoa (Brusca y Brusca 2003, Read y Fauchald 2012). En México se han registrado cerca de 318 especies, con 179 para las medusas (Hidrozoa, Scyphozoa y Cubozoa; Segura-Puertas *et al.* 2003) y 139 para los corales (Anthozoa; Horta-Puga y Carricart-Ganivet 1993). En la entidad el estudio de los cnidarios ha generado conocimiento importante sobre su diversidad. En el apéndice 31 se muestra el listado de especies obtenido de los trabajos de Fernández (1999; SNIB-CONABIO, Proyecto H259), Reyes-Bonilla *et al.* (2005) y de Fuentes-Farías *et al.* (2005). Los nombres específicos fueron revisados en el *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS, por sus siglas en inglés), y en el World Polychaeta Database (WoRMS, por sus siglas en inglés).

En total se registran 47 especies (43 identificadas) en las costas del estado, de las cuales los hidrozoos y los antozoos albergan el mayor número, con 28 y 17, respectivamente (apéndice 31). Cabe destacar que a partir de esta revisión se ha descartado al hidrozoo *Sulculeolaria angusta*, reportado en el Estudio de Estado de 2005 (Fuentes-Farías *et al.* 2005) debido a que dicha especie actualmente se considera inválida.

Clase Hydrozoa

En el estado hay registros de cinco órdenes pertenecientes a esta clase, los cuales cuentan con ejemplares depositados en la colección del Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Biología de la UMSNH. El orden Siphonophorae, caracterizado por especies flotantes y coloniales es el más diverso, con 16 especies que incluyen especímenes con forma de medusa como *Lensia campanella* y *Sulculeolaria turgida*. Otros órdenes son Trachymedusae (medusas), con cinco especies de los géneros *Geryonia*, *Liriope*, *Aglaura*, *Rhopalonema* y *Sminthea*; el orden Anthoathecata (pólipos coloniales) se registra con tres especies de los géneros *Cytaeis, Ectopleura* y *Podocoryna* y los órdenes Leptothecata (pólipos coloniales) y Narcomedusae (medusas), tienen dos especies de los géneros *Octophialucium* y *Clytia,* así como *Solmundella* y *Cunina*, respectivamente (apéndice 31).

Clase Anthozoa

Se registran dos órdenes pertenecientes a esta clase. Para el orden Actiniaria (anémonas), en la colección del Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Biología de la UMSNH se tiene a la fecha un registro de siete géneros y 11 especies de las familias Actiniidae, Andvakiidae y Halcampoididae (Gorrostieta 1994). Para el orden Scleractinia se han realizado exploraciones en la zona sublitoral de los municipios de Aquila y Lázaro Cárdenas (Reyes-Bonilla *et al.* 2005; veáse Estudio de caso. Comunidades coralinas del litoral michoacano: el caso de El Zapote de Madero, en esta obra), en donde se han registrado seis especies y cuatro géneros de las familias Pocilloporidae (figura 2a), Poritidae (figura 2b), Agariciidae (figura 2c) y Psammocoridae. Las especies pertenecen al grupo de corales formadores de arrecifes (hermatípicos), los cuales conforman comunidades coralinas relevantes en al menos nueve localidades distintas del litoral michoacano, como Faro de Bucerías y El Cobán (Reyes-Bonilla *et al.* 2005). Las especies registradas son *Pocillopora capitata*, *P. damicornis* y *P. verrucosa*, *Pavona gigantea*, *Porites panamensis* y *Psammocora stellata* (apéndice 31).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

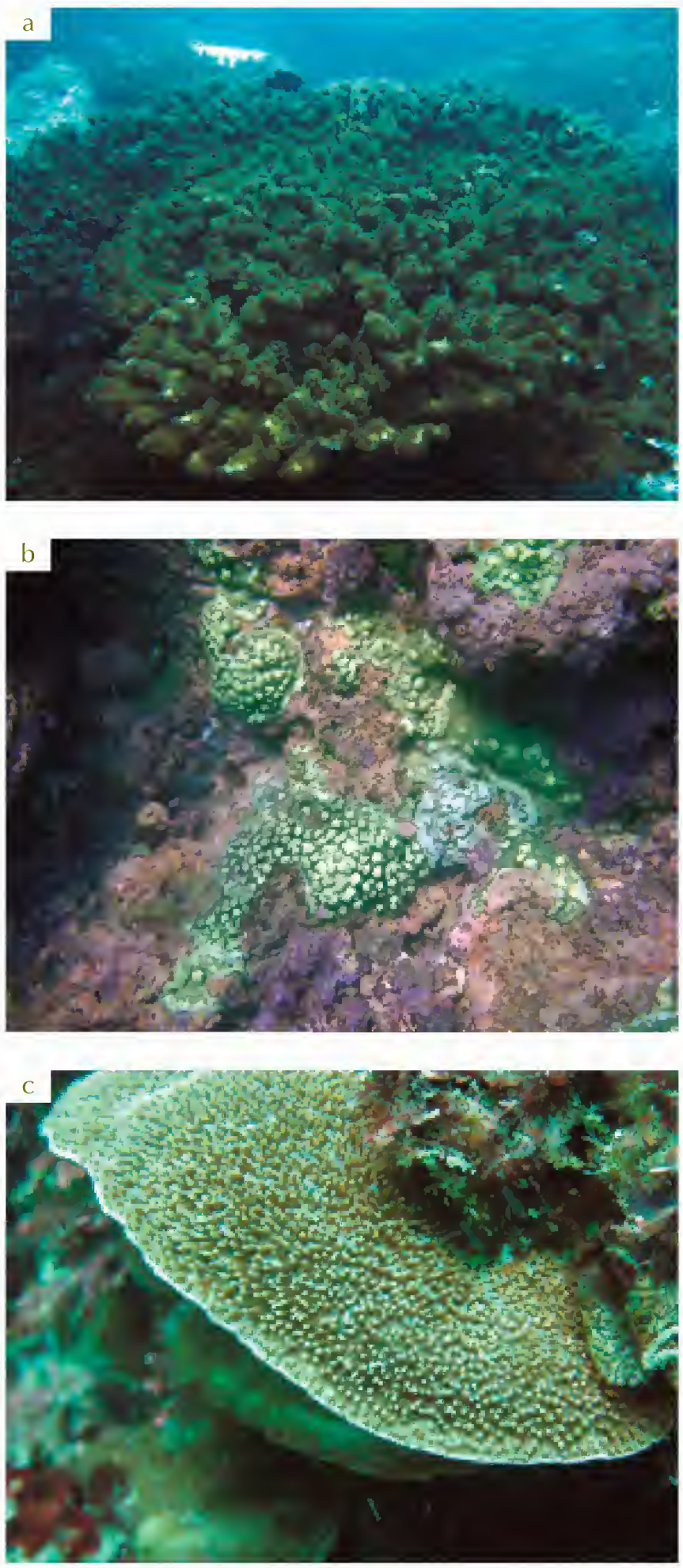


FIGURA 2. Detalle de los corales: a) *Pocillopora verrucosa*, b) *Porites panamensis*, c) *Pavona gigantea*. Fotos: Héctor Nava.

MOLUSCOS

Los miembros del *phylum* Mollusca (del latín *molluscum*: blando) poseen como característica distintiva un cuerpo suave, del cual deriva su nombre, y a menudo una concha externa o interna (Hickman *et al.* 2006). En este grupo se encuentran organismos muy diferentes externamente, como los caracoles, almejas, calamares, pulpos y babosas de mar, lo que refleja su enorme diversidad. Los moluscos marinos se distribuyen de manera amplia en el océano, su historia evolutiva se remonta al periodo cámbrico, hace unos 570 a 530 millones de años, y cuentan con un registro fósil de 35 mil especies.

Diversidad

En la actualidad se tienen descritas 85 mil especies de moluscos en el mundo, pero se estima que pudieran existir hasta 200 mil (Böhm *et al.* 2012). México posee una línea costera, con cerca de 10 mil kilómetros, lo que supone una gran diversidad de moluscos; de acuerdo con Llorente y Ocegueda (2008) en el país se tienen registradas 4 100 especies. La colección de invertebrados de la UMSNH cuenta con un registro de 287 especies (280 identificadas) de moluscos, (7% del total de registros en el país), las cuales se distribuyen en cuatro clases, 80 familias y 182 géneros, según el listado elaborado por las doctoras María Doralisa Villaroel Melo y Alma Lilia Fuentes Farías (cuadro 1, apéndice 32).

CUADRO 1. Número de taxa de moluscos registrados en el estado.

Clase	Familias	Géneros	Especies
Gastropoda	51	108	176
Bivalvia	24	68	103
Polyplacophora	4	5	6
Cephalopoda	1	1	2
Total	**80**	**182**	**287**

Fuente: María Doralisa Villaroel Melo y Alma Lilia Fuente Farías, con datos de la colección de invertebrados de la UMSNH.

Importancia

Muchas especies de moluscos, como la lapa, el caracol púrpura, la almeja y el mejillón, se han explotado de forma tradicional para el consumo humano. Algunas son objeto de pesquería comercial y representan una importante fuente de ingreso para las comunidades costeras, tal es el caso del ostión *Striostrea prismatica* (sinonimia: *Ostrea iridescens*) y los pulpos *Octopus bimaculatus* y *O. bimaculoides*, cuya explotación anual para el estado, en 2011, fue de 42 y 13 t, respectivamente (CONAPESCA 2011).

Otras especies como la almeja (de los géneros *Anadara*, *Argopecten*, *Glycymeris*, *Spondylus* y *Pinctada*, entre otros), el quitón (género *Chiton*), el callo de hacha (géneros *Pinna* y *Atrina*) y varias especies de caracol (géneros *Triplofusus*, *Oliva*, *Olivella* y *Conus*), son parte importante de la dieta y materia prima para la elaboración de artesanías por los habitantes de la costa

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Holguín-Quiñones y González-Pedraza 1994, Holguín-Quiñones 2006, Trujillo-Toledo 2010). En algunos casos la presión de explotación ha superado la capacidad de recuperación de las poblaciones; por ejemplo, la lapa *Scutellastra mexicana* (sinonimia: *Patella mexicana*), especie endémica del Pacífico mexicano que bajó en su densidad poblacional en la década de los setenta (Ávalos-Vizcaíno y Méndez-Reyes 1992), o el caracol *Plicopurpura columellaris* cuya explotación fue concesionada a una compañía japonesa en la década de los ochenta (Turok y Acevedo 2000). La lapa *S. mexicana* se encuentra en la categoría de sujeta a protección especial de la NOM-059 (SEMARNAT 2010), al igual que otras especies cuya presión de explotación para consumo local y de turismo las ha clasificado en esa categoría (cuadro 2; figura 3).

POLIQUETOS

Son gusanos marinos miembros del *phylum* Annelida (del griego *annulatus*: anillado). Casi todas las especies miden menos de 10 cm de largo, aunque hay formas menores a 1 mm llamados animales intersticiales (organismos que viven entre los espacios que dejan los granos de arena), y otras como las del género *Eunice*, que en ocasiones sobrepasan los dos metros (Salazar-Vallejo *et al.* 2011). Los poliquetos exhiben prácticamente todos los tipos de alimentación: pueden ser depredadores, detritívoros, herbívoros, ramoneadores, carroñeros, filtradores y omnívoros (Fauchald y Jumars 1979, Salazar-Vallejo *et al.* 1989).

Son importantes en el medio marino debido a su abundancia y diversidad, principalmente en el bentos (organismos que viven en el suelo marino), aunque también están presentes en el zooplancton (animales que viven suspendidos en la columna de agua y a expensas de las corrientes). Su abundancia, las estructuras que forman (tubos calcáreos y de granos de arena), sus hábitos alimenticios y sus actividades excavadoras producen modificaciones a sustratos duros (rocas, coral, conchas de moluscos) y blandos (arena y fango). Algunas especies son parásitas de otros invertebrados e incluso de peces; asimismo, varias especies tienen metabolitos con potencial bioquímico, en especial para uso farmacéutico (Salazar-Vallejo *et al.* 1989, Brusca y Brusca 2005).

Diversidad

Se han descrito entre nueve mil y 10 mil especies de poliquetos en todo el mundo (Rouse y Pleijel 2001, Brusca y Brusca 2005). En México se estimaban en 1 500 las especies de poliquetos registrados (Tovar-Hernández *et al.* 2014); sin embargo, muchas no son actualmente consideradas válidas, sobre todo después de que se han realizado revisiones cuidadosas y se han ido descartando especies de algunas regiones (Salazar-Vallejo y De León-González 2009); no se tiene un número confiable de especies válidas para México.

La fauna de poliquetos ha sido poco estudiada; 59 especies de 48 géneros y 26 familias han sido registradas en cinco publicaciones (Bastida-Zavala *et al.* 2016, Fauchald 1972, 1982, Fernández-Álamo 2002, 2004) y una tesis doctoral (Fernández-Álamo 1983).

En el apéndice 33 se presenta la lista de especies basada en la publicación de Salazar-Vallejo *et al.* (1989). Los registros fueron confrontados con las fuentes originales y se descartaron aquellas especies que erróneamente se consideraban como registros para Michoacán, como fue el caso de *Eurythoe complanata* (gusano de fuego) y *Aricidea similis*; o bien que fueron sinonimizadas como el caso del onúfido *Onuphis profundis*, cuyo nombre válido es *Kinbergonuphis proalopus*. Del total de registros 27 (46%) son cuestionables, ya sea porque no han sido confirmados por expertos o porque corresponden a especies descritas originalmente en regiones distantes del Pacífico oriental tropical (de acuerdo con Hartman 1959, Salazar-Vallejo y Londoño-Mesa 2004, De León-González *et al.* 2009). Los nombres específicos fueron revisados en la plataforma WoRMS (Ready Fauchald 2012). Todos los registros provienen de monografías como las de Fauchald (1972, 1982), cuyos regis-

CUADRO 2. Especies de moluscos de importancia económica enlistadas en la NOM-059 bajo la categoría sujeta a protección especial (Pr).

Clase	Especie	Nombre común	Distribución	Uso	Estatus
Bivalvia	*Pinctada mazatlanica*	Madreperla		Cosmetología y bisutería	Protegida
Bivalvia	*Spondylus limbatus*	Almeja burra	No endémica	Comestible	Protegida
Gasteropoda	*Scutellastra mexicana*	Lapa	Endémica	Comestible	Protegida
Gasteropoda	*Crucibulum scutellatum*	Caracol gorrito		Comestible	Protegida

Fuente: SEMARNAT 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tros son de aguas profundas (más de 200 m), así como los trabajos sobre poliquetos pelágicos de Fernández-Álamo (1983, 2002, 2004) y sobre serpúlidos como el de Bastida-Zavala *et al.* (2016).

Los poliquetos son un grupo de gusanos pobremente estudiados; casi no hay registros en la zona litoral, situación que debería cambiar para conocer la diversidad de este grupo y su posible uso en la farmacología marina. Es notable que ningún trabajo se enfoque en estudiar la fauna de poliquetos litorales; si se considera que en Oaxaca recientemente fueron registradas 221 especies (Bastida-Zavala *et al.* 2013), se podría pensar que en la entidad es necesario un gran esfuerzo para conocer la fauna poliquetológica de sus litorales.

Hasta el momento ningún poliqueto está en la norma NOM-059; no obstante, proteger las zonas marinas más diversas, como arrecifes coralinos, playas rocosas, lagunas costeras y manglares permitirá que se conserven la mayoría de las especies de poliquetos, así como las relaciones tróficas que hay entre ellos y los demás integrantes de las comunidades marinas.

CRUSTÁCEOS

El *subphylum* Crustacea (término derivado del latín *crusta*: costra y *aceum*: relación o la naturaleza de algo) se ubica en el grupo de los artrópodos (que significa "patas articuladas") e incluye a especies tan conocidas como los camarones, las langostas y los cangrejos. Es un grupo muy diverso, con más de 67 mil especies conocidas en el mundo, por ello se les considera el equivalente marino de los insectos, arácnidos y miriá-

FIGURA 3. Conchas de especies de moluscos habitantes de la costa. Foto: Alma L. Fuentes-Farias.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

podos; tal diversidad es posible gracias a la gran plasticidad genética que poseen (presencia de genes Hox), entre otros caracteres, lo cual facilita su transformación morfológica y con ello su adaptación a múltiples ambientes (Brusca y Brusca 2003, García-Madrigal *et al.* 2012). Lo anterior les ha permitido sobresalir entre los invertebrados marinos; además son un componente importante en las redes tróficas, donde intervienen como depredadores o presas de otros animales.

Diversidad

Aunque el estudio de los crustáceos marinos en la entidad se inició hace más de un siglo con Hansen (1912), quien registró por primera vez a los camarones eufásidos: *Euphausia distinguenda*, *Siriella gracilis* y *S. aequiremis*, el estudio de ese grupo está rezagado, sobre todo si se considera que la entidad cuenta con diversos ambientes costeros propicios para el establecimiento de sus poblaciones, como lagunas costeras, zonas de litoral y nerítica.

El desconocimiento se debe también a que la literatura especializada está dispersa, y en algunos casos es de difícil acceso, además de que no hay especialistas (carcinólogos) trabajando en la costa de la entidad.

Así, el estudio de los crustáceos ha sido en cierta forma incidental, no sistemático, y los artículos publicados en revistas arbitradas podrían enmarcarse en dos épocas. La primera que incluye documentos monográficos realizados por extranjeros que hicieron muestreos puntuales, como los de Hansen (1912), Wilson (1950), Hurley (1956), Luke (1977) y Pérez-Farfante y Boothe (1981, 1986). La segunda época la constituyen trabajos más recientes, de 1990 a la fecha, lo que ha aumentado significativamente el número de registros de crustáceos para la entidad, entre los que destacan: Barnard e Ingram (1990), Suárez-Morales y Zurita-Gutiérrez (1991), Román-Contreras (1993), Hendrickx (1990, 1996), García-Madrigal (2000), Espinosa-Pérez y Hendrickx (2001, 2002), Corona y Raz-Guzmán (2003), Campos y Hernández-Ávila (2010), entre otros.

A la fecha, el número de registros de crustáceos marinos es de 176 especies (165 identificadas) pertenecientes a 128 géneros, 71 familias y 11 órdenes (apéndice 34), reportados en 32 artículos y monografías. Cabe resaltar que no se contabiliza en las cifras anteriores la llamada literatura gris, como tesis, informes técnicos u otras fuentes informales.

Es importante mencionar que la entidad se encuentra en el Pacífico central mexicano y posee características topográficas y oceanográficas propicias para ambientes costeros diversos; sin embargo, en la costa el conocimiento del grupo es heterogéneo, para algunas áreas la información es escasa y para otras es nula. Además, existen especies de importancia comercial que no poseen ningún registro formal en la literatura y otras que han sido tradicionalmente explotadas sin estudios previos que indiquen su potencial o sustentabilidad a largo plazo, esto ha repercutido en el detrimento de las poblaciones de crustáceos (Briones-Fourzán 1995, Pérez-González *et al.* 2002).

Importancia

De acuerdo con Hendrickx (1995*a*, *b*, *c*), en la entidad se encuentran especies con importancia comercial; sin embargo, no se hallaron registros formales en la literatura, al menos para los camarones de la familia Penaeidae: *Farfantepenaeus brevirostris*, *F. californiensis*, *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. Por otro lado, para especies explotadas históricamente, de manera artesanal e incidental, se desconoce el estado de sus poblaciones (a pesar de representar una fuente de ingreso económico para muchas comunidades costeras), tal es el caso de langostas: *Panulirus inflatus* (langosta azul), *P. gracilis* (langosta verde) y *Evibacus princeps* (langosta zapatera; Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez 2000, Pérez-González *et al.* 2002).

Para consumo local también se utilizan otros crustáceos obtenidos de la pesca (obs. pers.), lo que apoya la subsistencia de las comunidades costeras con alimentos de alto valor proteico (Gunalan *et al.* 2013). Entre esos recursos están las jaibas (*Callinectes arcuatus*, *C. toxotes*, *Portunus asper*, *P. affinis* y *P. xantusii)* y también otras especies como chiquilique (*Emerita rathbunae*), cangrejo fantasma o señorita (*Ocypode occidentalis*), cangrejo azul (*Cardisoma crassum*), cangrejo morado (*Gecarcinus quadratus*), cangrejo rojo (*Johngarthia planata*) y cangrejo de roca (*Grapsus grapsus*; Hendrix 1995*a*, *b*, *c*; obs. pers.).

Es importante que en regiones tropicales con alta diversidad, como es Michoacán, se sistematice el estudio de los crustáceos con el objetivo de realizar un consumo racional y sustentable de las especies actualmente explotadas o con potencial.

La importancia de los crustáceos radica en su incidencia en las redes tróficas, en donde juegan un importante papel como consumidores primarios, lo que permite la conversión de materia orgánica en biomasa animal (Cordell 2007); también como consumidores secundarios que sostienen a los consumidores terciarios, como peces, aves, ballenas (Chapman 2007), por lo que cualquier efecto sobre estos eslabones repercutirá en los niveles tróficos superiores. Así, el desconocimiento de los crustáceos puede tener efectos no calculados en muchos de los productos marinos consumidos por el ser humano.

En la entidad se han explotado algunas especies de crustáceos sin conocimiento de su biología, por lo que se tiene un doble efecto negativo hacia este recurso:

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

no se conoce lo que se tiene y algunos crustáceos han sido sobreexplotados. Es urgente que se establezca una línea de generación de conocimiento para conocer mejor este recurso y que se aproveche de manera sustentable.

EQUINODERMOS

El *phylum* Echinodermata (del griego *echinos*: espinoso y *dermatos*: piel) está compuesto por invertebrados estrictamente marinos representados por las estrellas, lirios, erizos y pepinos de mar, además de los ofiuros o estrellas quebradizas. Este grupo es un linaje muy antiguo, aparentemente con una larga historia que comienza en el precámbrico (Hendler *et al.* 1995).

Los equinodermos fueron muy comunes y diversos en el cámbrico temprano, hace 600 millones de años; hasta las formas más primitivas poseían un esqueleto bien desarrollado y diversos patrones corporales (Pawson 2007). Existen cerca de 16 clases extintas de equinodermos, con más de 13 mil especies fósiles descritas que se agrupan en cinco *subphyla*, 23 clases y más de 3 100 géneros, y muchas de ellas son en su forma bastante distintas a las actuales.

Por lo menos siete mil especies de equinodermos habitan el planeta hoy día (Pawson 2007, Alvarado y Solís-Marín 2013) y se han reconocido cinco clases: Crinoidea (lirios de mar) con cerca de 700 especies, Asteroidea (estrellas de mar) con cerca de 1 800 especies, Ophiuroidea (estrellas quebradizas), con casi dos mil especies, Echinoidea (erizos de mar) con aproximadamente 900 y Holothuroidea (pepinos de mar) con cerca de 1 200 especies (Hendler *et al.* 1995).

Los equinodermos se distribuyen en todos los mares del planeta y a todas las profundidades. En zonas profundas de los océanos llegan a constituir 90% de la biomasa presente (Zenkevich 1963). Son especialmente abundantes en las zonas tropicales y subtropicales, aunque algunos grupos, como las estrellas y pepinos de mar, alcanzan gran diversidad a la altura de los polos; la mayor diversidad se conoce de los cero a los 300 m de profundidad. La especialización corporal de los equinodermos hace que se distribuyan de diferentes maneras (Brusca y Brusca 2005).

Diversidad

México alberga una significativa diversidad de equinodermos. Hasta el momento se han reportado 643 especies que habitan el mar territorial, esto es, aproximadamente 10% de las especies existentes en el planeta (Solís-Marín *et al.* 2013).

En las costas de la entidad se encuentran representadas 62 especies de equinodermos (Caso 1961, 1978; Herrero-Pérezrul 1990, Solís-Marín y Laguarda-Figueras 1999, Gómez Carriedo 2001, Honey-Escandón *et al.* 2008, 2011), 9.6% de las reportadas para todo el país y 31.5% de las reportadas para el Pacífico mexicano por Honey-Escandón *et al.* (2008).

CUADRO 3. Diversidad de equinodermos.

Clase	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Asteroidea	3	6	8	12
Ophiuroidea	1	6	8	12
Echinoidea	4	5	9	10
Holothuroidea	3	8	14	28

Fuente: colección nacional de equinodermos Dra. Ma. E. Caso Muñoz, ICML-UNAM.

Los registros de equinodermos de la costa se encuentran depositados en la colección nacional de equinodermos Dra. Ma. E. Caso Muñoz, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM (ICML-UNAM; figura 4). Del total de especies, 28 corresponden a Holothuroidea, 12 a Ophiuroidea, 12 a Asteroidea y 10 a Echinoidea (cuadro 3; apéndice 35); en las costas no se tienen registros de la clase Crinoidea.

Las especies que se encuentran con mayor frecuencia en los litorales del estado son las estrellas de mar: *Luidia* (*Alternaster*) *columbia*, *Astropecten regalis*, *Pentaceraster cumingi*, *Pharia pyramidata*, *Phataria unifascialis* (figura 4a); ofiuroideos: *Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri* (figura 4c); erizos de mar: *Eucidaris thouarsii* (figura 4f), *Diadema mexicanum* (figura 4g), *Echinometra vanbrunti*, *Toxopneustes roseus* (figura 4h), *Lanthonia longifissa*; y los pepinos de mar: *Isostichopus fuscus*, *Holothuria keferteinii*, *H. lubrica*, *H. arenicola*, *H. impatiens* y *Pseudocnus californicus* (figura 4l).

Importancia y estado de conservación

La importancia de este grupo estriba en el papel que desempeñan en la red trófica marina, ya que en algunos casos son la base de la alimentación de otras especies. Son importantes componentes de la biota marina al remover el fondo modificando las condiciones del sustrato en el que viven (bioturbación; Pawson 2007); además, poseen relevancia económica. Por ejemplo, el pepino de mar (holoturoideos) es uno de los recursos pesqueros de la costa michoacana que en países asiáticos se consume sobre todo en sopas y ensaladas; generalmente se deshidrata para después comercializarse. De estos organismos también se extraen diversas sustancias para elaborar productos farmacéuticos de consumo humano, tal es el caso de las saponinas obtenidas a partir de los pepinos de mar, llamadas holoturinas, con principios activos para inhibir el crecimiento de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

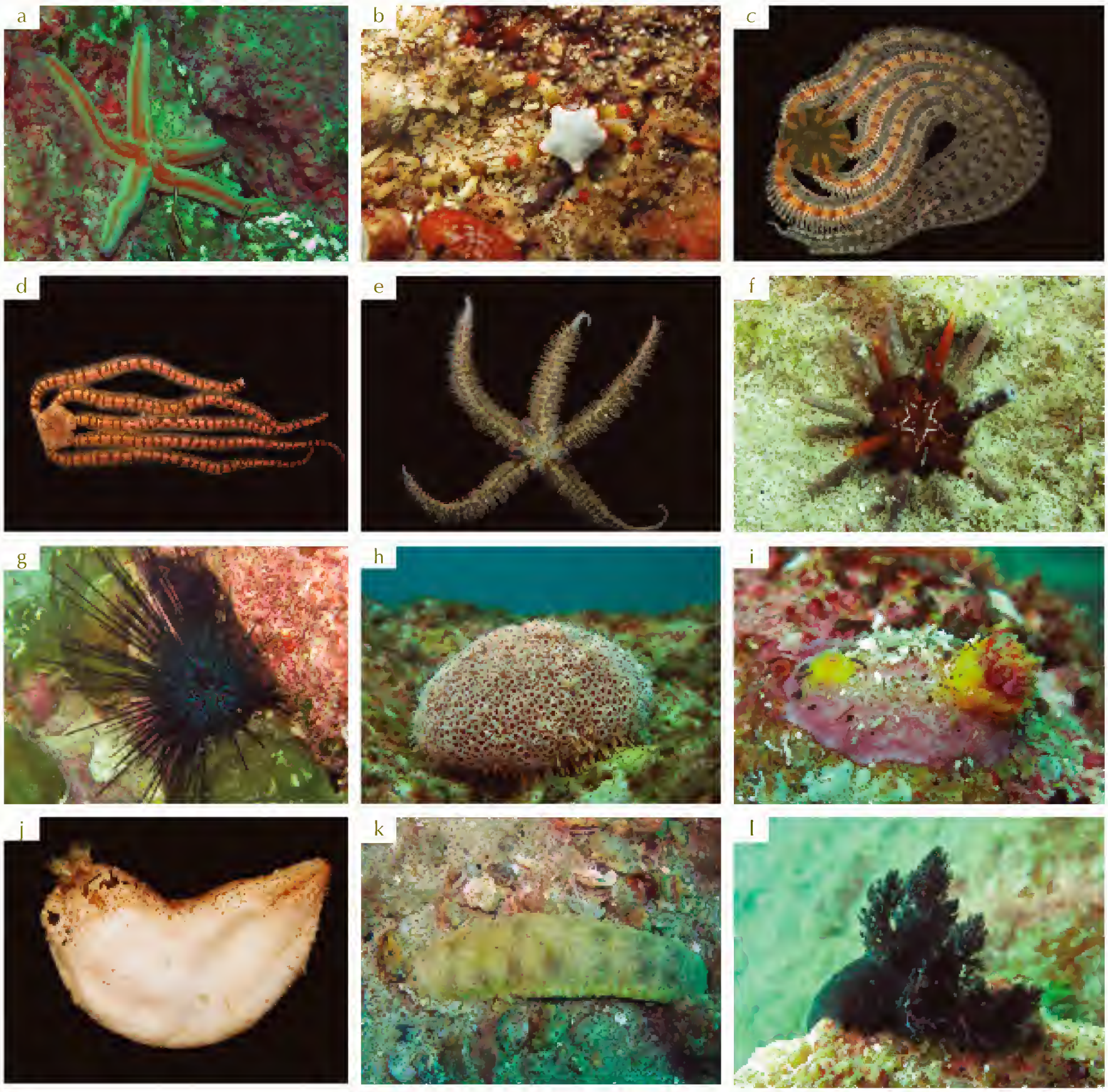


FIGURA 4. Equinodermos de Faro de Bucerías: a) *Phataria unifascialis*, b) *Ophioderma* sp., c) *Ophiocoma alexandri*, d) *Ophionereis* sp., e) *Ophiothrix rudis*, f) *Eucidaris thouarsii*, g) *Diadema mexicanum*, h) *Toxopneustes roseus*, i) *Lissothuria ornata*, j) *Neothyone gibber*, k) *Holothuria* (*Cystipus*) *rigida*, l) *Pseudocnus californicus*. Fotos: Yuri Hooker.

células cancerosas. Además, actúan directamente sobre las células de la sangre y del sistema nervioso central de muchos animales vertebrados, por lo que se están investigando en diversos laboratorios del mundo, sobre todo de Europa y Asia (Purcell *et al.* 2012).

Son pocos los equinodermos que se encuentran bajo alguna categoría de protección; la única especie considerada en la categoría sujeta a protección especial en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y en peligro en la UICN, es el pepino de mar *Isostichopus fuscus* habitante de las costas de Michoacán, que también está incluido en el catálogo de la Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES); sin embargo, no existen estudios científicos que permitan conocer de manera certera la situación de sus poblaciones; existe el dato de que se exportan cerca de 1 200 toneladas métricas al año (en peso húmedo) de pepinos de mar a diferentes países de Asia, principalmente a China, donde son utilizadas para el consumo humano (Purcell *et al.* 2012). En la costa del estado no sólo se comercializa *I. fuscus*, sino también otras especies de pepinos de mar que la acompañan en su hábitat; muchas de ellas, como el género *Holothuria*, son utilizadas en otros países como materia prima para el desarrollo de productos químicos que ya elaborados alcanzan altos precios en el mercado (Purcell *et al.* 2010). Es importante realizar estudios ecológicos de este grupo, ya que ese conocimiento podría generar

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

normas de explotación y sustentabilidad hacia soluciones al fenómeno de devastación que algunas especies del grupo están sufriendo en la entidad.

BRIOZOOS

Los ectoproctos (*ektos*: fuera y *proctos*: ano) o briozoos (animales "musgo") son el *phylum* más diversificado de lofoforados (organismos con una corona de tentáculos que sirve para su alimentación, en el caso de los briozoos rodea a la boca) con más de 5 900 especies recientes descritas en todo el mundo (Appeltans *et al.* 2012).

Se han descrito unas 10 mil especies fósiles que se remontan al periodo ordovícico inferior, hace aproximadamente 500 millones de años (Moyano 2009). En su mayoría forman colonias, salvo las especies del género intersticial *Monobriozoon* (Fernández-Álamo y Rivas 2007). Se conocen tres clases: Phylactolaemata, restringida al agua dulce; Gymnolaemata con la mayoría de las especies actuales y fundamentalmente marinas (el orden Cheilostomata es el más diverso en cuanto a especies); y Stenolaemata con pocas especies actuales, pero el grupo con más especies fósiles (Ruppert y Barnes 1996).

Los individuos se llaman zooides, cada uno de cerca de 0.5 mm de longitud y están formados por un esqueleto protector que recibe el nombre de zoecio. El conjunto de zooides que forman una colonia se llama zoario. La mayoría de las colonias se fija a los sustratos mediante discos basales o rizoides, mientras que las colonias que se cementan a sustratos duros están adheridas mediante toda la cara basal del zoario (Moyano 2009). Las partes blandas, como el lofóforo, las gónadas, el tracto digestivo y los músculos constituyen el polípido (Brusca y Brusca 2005).

En las clases Gymnolaemata y Stenolaemata se presenta polimorfismo, por lo tanto, en una colonia se pueden encontrar individuos con diferentes características. Por ejemplo, los encargados de la alimentación son denominados autozooides y son los más comunes, constituyendo la mayor parte de la colonia; los zooides reducidos o modificados realizan otro tipo de funciones como la alimentación, la reproducción o el movimiento, se conocen como heterozooides (Moyano 2009). En la mayoría de los casos cada colonia procede de la reproducción asexual de un único individuo denominado ancéstrula, que a su vez se ha originado por reproducción sexual. El mecanismo por el cual la ancéstrula origina una colonia se conoce como astogenia (Liuzzi 2010).

Los briozoos son de los grupos epibiontes (organismos que crecen adheridos sobre otros animales) más importantes en los ambientes marinos. Tanto su éxito como colonizadores, sus adaptaciones morfológicas y su elevada tolerancia los ha llevado a habitar diferentes tipos de sustratos y ecosistemas. Son presa de otros organismos, como erizos de mar y peces, y también están sujetos a la competencia y el crecimiento excesivo de las esponjas, algas y tunicados (Fernández-Álamo y Rivas 2007). Este grupo se distribuye en todos los mares y océanos de las regiones polares hasta las ecuatoriales, en la zona intermareal y hasta profundidades de más de ocho mil metros (Fernández-Álamo y Rivas 2007), incluso se han encontrado en cuevas submarinas que van de los cero a 30 m (Arko-Pijevac *et al.* 2001).

Diversidad

En los trabajos más relevantes sobre taxonomía de briozoos en México, Steibeck y Ricketts (1941), Soule y Soule (1964), Brusca (1980) y Fernández-Álamo y Rivas (2007) han reportado para el golfo de California alta densidad y diversidad de estos organismos en la zona intermareal e infralitoral que asciende a 160 especies, y se han elaborado claves y guías ilustradas con descripciones taxonómicas para la correcta identificación del grupo a nivel de familia, género y especie, para los organismos tanto en su estado juvenil como adulto. Álvarez-León y Banta (1984) publicaron un estudio sobre briozoos de tres esteros adyacentes a Mazatlán, en la costa noreste de México, siendo el primer reporte de esta zona para las especies *Amathia distans, A. semiconvoluta, Anguinella palmata, Bugula neritina, Membranipora tuberculata, Thalamoporelta gothica* y *Zoobotryon verticillatum*. A esto se agrega la especie publicada por Sosa-Yañez *et al.* (2015) *Abditoporella dimorpha*, teniendo como localidad tipo Faro de Bucerías, Michoacán. Para la entidad se han reportado 34 especies (27 identificadas) para las costas de Aquila y Lázaro Cárdenas (figura 5), repartidas en un orden (Cheilostomatida), 24 familias y 28 géneros (Jiménez-Rico 2004, Sosa Yáñez 2011; apéndice 36).

Importancia

Este grupo es de interés económico aunque causan problemas severos en las instalaciones industriales que utilizan agua en sus procesos de enfriamiento, como en las plantas hidroeléctricas y nucleares, así como en las instalaciones petroleras; el problema que ocasionan es la obstrucción de las tuberías que conducen agua, ocasionando grandes pérdidas monetarias; también contribuyen de manera considerable en la formación de placas de incrustaciones calcáreas (*fouling*) en objetos sumergidos en los muelles, las bahías y el mar abierto, así como en los cascos de los barcos, propiciando su deterioro, corrosión y aumento considerable en el peso total. Lo anterior lleva a un gasto de combustible, lo que implica recursos económicos para su control (Ryland 1970 en Fernández-Álamo *et al.* 2007).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

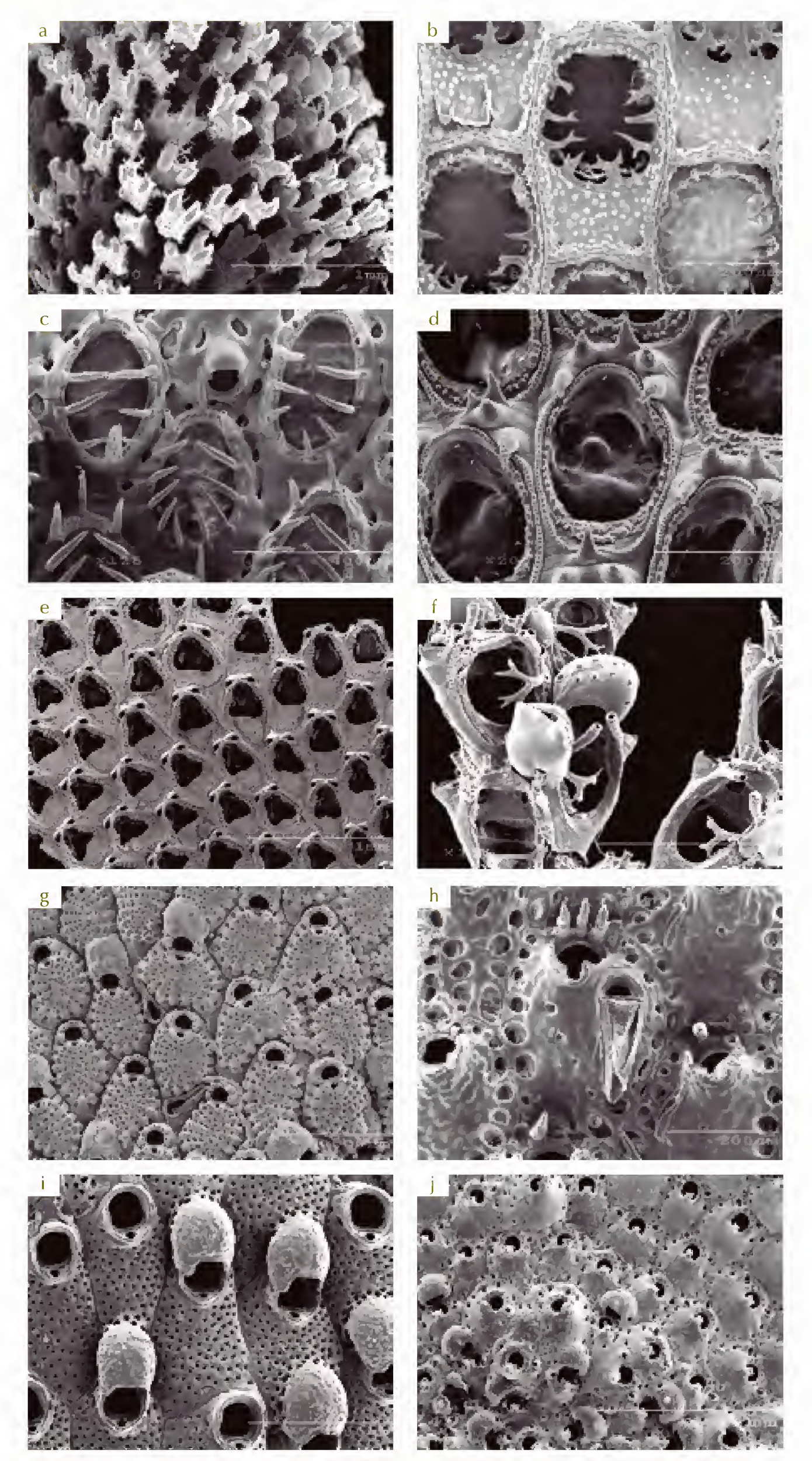


FIGURA 5. Fotografías electrónicas de barrido con detalle 100x de las especies: a) *Jellyella tuberculata*, b) *Biflustra denticulata*, c) *Retevirgula tubulata*, d) *Osburnea biscuta*, e) *Akatopora tincta*, f) *Cradoscrupocellaria tenuirostris**, g) *Puellina flabellifera**, h) *Parasmittina crosslandi*, i) *Primavelans mexicana*, j) *Pleuromucrum gorgonensis*. Fotos: Berenit Mendoza Garfías y Armando Sosa Yañez. *Estas especies no se incluyen en el apéndice del grupo biológico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

REFERENCIAS

Alejo-Plata, M.C., J.L. Gómez-Márquez, S.R. Carrillo y J.E. Herrera-Galindo. 2009. Reproducción, dieta y pesquería del pulpo *Octopus (Octopus) hubbsorum* (Mollusca: Cephalopoda) en la costa de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 57:63-78.

Alvarado-Barrientos, J.J. y F.A. Solís-Marín. 2013. *Echinoderm Research and Diversity in Latin America*. Springer, Berlín.

Álvarez-León, R. y C. Banta 1984. Estudio de Ectoproctos de tres esteros adyacentes a Mazatlán, costa noroeste de México. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 4:209-218.

Appeltans, W., P. Bouchet, G.A. Boxshall *et al.* 2012. *World Register of Marine Species*. En: *<http://www.marinespecies.org>*, última consulta: 6 de abril de 2013.

Arko-Pijevac, M., Č. Benac, M. Kovačić y M. Kirinčić. 2001. A submarine cave at the Island of Krk (North Adriatic Sea). *Natura Croatica* 10:163-184.

Ávalos-Vizcaíno, P. y J. Méndez-Reyes. 1992. *Estudio biológico y bromatológico de la lapa (Ancistromesus mexicanus) en el Faro de Bucerías*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Barnard, J.L. y C. Ingram. 1990. Lysianassoid Amphipoda (Crustacea) from deep-sea thermal vents. *Smithsonian Contributions to Zoology* 499:1-80.

Bastida-Zavala, J.R., M.S. García-Madrigal, E.F. Rosas-Alquicira *et al.* 2013. Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, Mexico. *Check List* 9(2):329-390.

Bastida-Zavala, J.R., A.S. Rodríguez Buelna, J.A. de León-González *et al.* 2016. New records of sabellids and serpulids (Polychaeta: Sabellidae, Serpulidae) from the Tropical Eastern Pacific. *Zootaxa* 4184(3):401-457.

Bo, M., G. Bavestrello, S. Canese *et al.* 2009. Characteristics of a black coral meadow in the twilight zone of the central Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 397:53-61.

Böhm, M., R. Kemp, J.E. Baillie y B. Collen. 2012. *The unravelling underworld in spineless status and trends in marine invertebrates*. Zoological Society of London, Reino Unido.

Bouchet, P. 2006. La magnitud de la biodiversidad marina. En: *La exploración de la biodiversidad marina: desafíos científicos y tecnológicos*. C. Duarte (ed.). Fundación BBVA, Bilbao, pp. 31-62.

Boxshall, G. y D. Defaye. 2009. World checklist of freshwater Copepoda species. En: *<http://fada.biodiversity.be/group/show/19>*, última consulta: marzo de 2013.

Briones-Fourzán, P. 1995. Biología y pesca de las langostas México. En: *Temas de oceanografía biológica en México, 2*. F. González Farías y J. de la Rosa Velez (eds.). Universidad Autónoma de Baja California, México, pp. 207-236.

Briones-Fourzán, P. y E. Lozano-Álvarez. 2000. The spiny lobster fisheries in Mexico. En: *Spiny Lobsters: Fisheries and Culture*. B.F. Phillips y J. Kit-taka (eds.). Fishing News Books (Blackwell), Oxford, pp. 169-188.

Brusca, R.C. 1980. *Common interstitial invertebrates of the Gulf of California*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. 2a ed. Mc. Graw Hill Interamericana, España.

——. 2003. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Inc., EUA.

Burke, L. y J. Maidens. 2004. *Reefs at risk in the Caribbean*. Report of the World Resources Institute. Washington.

Campos, E. e I. Hernández-Ávila. 2010. Phylogeny of Calyptraeotheres Campos, 1990 (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Pinnotheridae) with the description of *C. pepeluisi* new species from the tropical Mexican Pacific. *Zootaxa* 2691:41-52.

Carballo, J.L., J.A. Cruz-Barraza, H. Nava y E. Bautista-Guerrero. 2008. *Esponjas perforadoras de sustratos calcáreos. Importancia en los ecosistemas arrecifales del Pacífico este*. CONABIO, México.

Carballo, J.L., J.A. Cruz-Barraza y P. Gómez. 2004. Taxonomy and description of clionaid sponges (Hadromerida, Clionaidae) from the Pacific Ocean of Mexico. *Zoological Journal of the Linnean Society* 141:353-397.

Carballo, J.L., P. Gómez y J.A. Cruz-Barraza. 2014. Biodiversidad de Porifera en Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:143-153.

Caso, M.E. 1961. *Los Equinodermos de México*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

——. 1978. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Órdenes Cidaroidea y Aulodonta; parte 2. Órdenes Stiridonta y Camarodonta. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM* 1:1-244.

Chapman, J.W. 2007. Gammaridea. En: *Light's Manual Intertidal Invertebrates of the Central California Coast*. S.F. Light, R.I. Smith y J.T. Carlton. S.F. Light´s Laboratory and Field Text in Invertebrate Zoology, EUA, pp. 545-613.

Chávez, E.A., F.A. Sánchez y M.R. Rodríguez. 2000. Perspectiva de la pesquería de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad) en la sonda de Campeche, México. *Ciencias Marinas* 26:97-112.

Chávez-Villalba, J., A. Arreola-Lizárraga, S. Burrola-Sánchez y F. Hoyos-Chairez. 2010. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300:128-136.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. CONABIO, México.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2011. *Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2010*. CONAPESCA, México.

Cordell, J.R. 2007. Copepoda. En: *Light's Manual Intertidal Invertebrates of the Central California Coast*. S.F. Light, R.I. Smith y J.T. Carlton (eds.). SF Light´s Laboratory and Field Text in Invertebrate Zoology, EUA, pp. 446-475.

Corona, A. y A. Raz-Guzmán. 2003. Distribución geográfica de los anfípodos e isópodos (Crustacea: Peracarida: Amphipoda e Isopoda) de los sistemas estuarinos de Michoacán, México. En: *Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico este, vol. 2*. M.E. Hendrickx (ed.). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, Mazatlán, pp. 219-225.

Cruz-Barraza, J.A. 2008. *Taxonomía y distribución de las esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) del Pacífico mexicano*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

Cruz-Barraza, J.A. y J.L. Carballo. 2008. Taxonomy of sponges associated with corals from the Mexican Pacific Ocean. *Zoological Studies* 47:741-758.

Cruz-Barraza, J.A., J.L. Carballo, E. Bautista-Guerrero y H. Nava. 2011. New excavating sponges (Porifera: Demospongiae) from coral reefs from Mexican Pacific Coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91:999-1013.

De León-González, J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra *et al.* (eds.). 2009. *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. UANL, Monterrey.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ellis, J. 1765. On the nature and formation of sponges: in a letter from Ellis, Esquire, F.R.S. to Dr. Solander, F.R.S. *Philosophical Transactions* 55:280-289.

Espinosa-Pérez, M.C. y M.E. Hendrickx. 2001. Distribution and ecological notes on *Dynoides* (Isopoda: Sphaeromatidae) in the Mexican Pacific. *Revista de Biología Tropical* 50:643-647.

——. 2002. The genus *Paracerceis* Hansen, 1905 (Isopoda, Sphaeromatidae) in the eastern tropical Pacific with the description of a new species. *Crustaceana* 74:1169-1187.

Fauchald, K. 1972. Benthic polychaetous annelids from deep water off Western Mexico and adjacent areas in the Eastern Pacific Ocean. *Allan Hancock Monographs in Marine Biology* 7:1-575.

——. 1982. Revision of *Onuphis*, *Nothria*, and *Paradiopatra* (Polychaeta: Onuphidae) based upon type material. *Smithsonian Contribution of Zoology* 356:1-109.

Fauchald, K. y P.A. Jumars. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 17:193-284.

Fernández, A. 1999. Colección de zooplancton del laboratorio de invertebrados: Hydrozoa (Cnidaria) y Polychaeta (Annelida). Laboratorio de Invertebrados, Facultad de Ciencias-UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO Proyecto H259, México.

Fernández-Álamo, M.A. 1983. *Los poliquetos pelágicos (Annelida: Polychaeta) del Pacífico tropical oriental: sistemática y zoogeografía*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

——. 2002. Composition and distribution of Lopadorhynchidae (Annelida-Polychaeta) in the eastern tropical Pacific Ocean. En: *Oceanography of the Eastern Pacific II*. J. Farber (ed.). CICESE, México, pp. 41-59.

——. 2004. Distribution of holoplanktonic typhloscolecids (Annelida-Polychaeta) in the eastern tropical Pacific Ocean. *Journal of Plankton Research* 26:647-657.

Fernández-Álamo, M.A. y G. Rivas. 2007. *Phylum* Ectoprocta. En: *Niveles de organización en animales. Las prensas de la ciencia*. M.A. Fernández-Álamo y G. Rivas (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 284-296.

Fuentes-Farias, A.L., M.D. Villaroel-Melo y F. Solís-Marín. 2005. Los invertebrados marinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

Friese, E.C. 1972. *Sea anemones*. Editorial T.F.H. Publications, Hong-Kong.

García-Madrigal, M.S. 1991. *Los Brachyura "cangrejos verdaderos" (Crustacea: Decápoda) de la Bahía de Maruata, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2000. Cangrejos braquiuros (Brachyura) de la bahía de Maruata, Michoacán, México. *Revista de Biología Tropical* 48:181-191.

García-Madrigal, M.S., J. Jarquín-González y E. Morales-Domínguez. 2012. Panorama del estado del conocimiento de los crustáceos del Pacífico sur de México. En: *Recursos acuáticos costeros del sureste, volumen I*. A.J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara y R. Brito Pérez (eds.). CONCIYTEY/UNAM, México, pp. 396-414.

Gómez Carriedo, B.S. 2001. *Relación del phylum Echinodermata con su hábitat en la costa michoacana*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Gómez, P. y G. Bakus. 1992. *Aplysina gerardogreeni* and *Aplysina aztecus* (Porifera: Demospongiae) new species from the Mexican Pacific. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM* 19:175-180.

González, N.E. 1993. Moluscos endémicos del Pacífico de México. En: *Biodiversidad marina y costera de México*. S.I. Salazar y N.E. González (eds.). CONABIO/CIQRO, México, pp. 223-252.

Gorrostieta, H.E. 1994. *Algunas adaptaciones y distribución de las actinias en el litoral michoacano*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Guardado, G.M. 2007. Pesca artesanal, comunidad y administración de recursos pesqueros. Experiencias en la costa de Michoacán, México. *Gaceta de Antropología* 23.

Gunalan, B., S. Nina Tabitha, P. Soundarapandian y T. Anand. 2013. Nutritive value of cultured white leg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 5(7):166-171.

Hadas, E., D. Marie, M. Shpigel y M. Ilan. 2006. Virus predation by sponges is a new nutrient flow pathway in the coral reef food web. *Limnology and Oceanography* 51:1548-1550.

Hancock, A. 1867. Note on the excavating sponges; with description of four new species. *Annals and Magazine of Natural History* 19:229-242.

Hansen, H.J. 1912. Reports on the scientific results of the expedition to the Tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. fish commission steamer "Albatross," from August, 1989, to march, 1900, commander Jefferson F. Moser, U.S.N., commanding. XVI, XXVII, The Schizopoda. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology* 35:177-233.

Hartman, O. 1959. Catalogue of the polychaetous annelids of the world. *Allan Hancock Foundation Publications. Occasional Paper* 23:1-979.

Hendler, G., J.E. Miller, D.L. Pawson y P.M. Kier. 1995. Sea Stars, sea urchins and Allies: Echinoderms of Florida & the Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 59(1):243-243.

Hendrickx, M.E. 1990. Distribución de *Raninoides benedicti* Rathbun, 1935 (Brachyura: Raninidae), con notas ecológicas y observación de una alometría de crecimiento en las quelas. *Revista de Biología Tropical* 38:343-345.

——. 1995*a*. Camarones. En: *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental, vol. 1. Plantas e invertebrados*. W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider *et al.* (eds.). FAO, Roma, pp. 417-537.

——. 1995*b*. Cangrejos. En: *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental, vol. 1. Plantas e invertebrados*. W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider *et al.* (eds.). FAO, Roma, pp. 565-636.

——. 1995c. Langostas (langostas espinosas, bogavantes, cigarras y zapateras, langostas de lodo, etc.). En: *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental, vol. 1. Plantas e invertebrados*. W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider *et al.* (eds.). FAO, Roma, pp. 383-415.

——. 1996. *Los camarones Penaeoidea bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico mexicano*. CONABIO/Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

Herrero-Pérezrul, M.D. 1990. *Pepinos de mar (Echinodermata: Holothuroidea) de "El Faro de Bucerías", Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hickman, C., L. Roberts, A. Larson *et al.* 2006. *Principios integrales de zoología*. Mc Graw-Hill/Interamericana de España, S.A., España.

Honey-Escandón, M., Solís-Marín, F.A. y A. Laguarda-Figueras. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Pací-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

fico Mexicano. *Revista Biología Tropical/Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation* 56(3):57-73.

Honey-Escandón, M., F.A. Solís-Marín y A. Laguarda-Figueras. 2011. *Holothuria* (Selenkothuria) *carere*, a new species of sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from the Mexican Pacific. *Zootaxa* 29(22):27-33.

Holguín-Quiñones, O.E. 2006. Moluscos bentónicos de interés económico y potencial de las costas de Michoacán, Colima y Jalisco, México. En: *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán*. M.C. Jiménez-Quiroz y E. Espino-Barr (eds.). CRIP, México, pp. 121-131.

Holguín-Quiñones, O.E. y A.C. González-Pedraza. 1994. *Moluscos de la franja costera de Michoacán, Colima y Jalisco*. IPN, México.

Horta-Puga, G. y J.P. Carricart. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. En: *Biodiversidad marina y costera de México*. S.I. Salazar y N.E. González (eds.). CONABIO/CIQRO, México.

Hurley, D.E. 1956. Bathypelagic and other Hyperiidea from California waters. *Allan Hancock Foundation Occasional Papers* 18:1-25.

Jiménez-Rico, L.L. 2004. *Bryozoarios de la costa del municipio de Aquila, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Kemp, A.C., B.P. Horton, J.P. Donnelly *et al.* 2011. Climate related sea-level variations over the past two millennia. *Proceedings of the National Academy of Science.* 108(27):11017-11022.

Laubenfels, M.W. 1932. The marine and freshwater sponges of California. *Proceedings National Museum* 81:1-40.

Liuzzi, A.G. 2010 *Macroalgas bentónicas como sustrato y refugio de invertebrados marinos*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Llorente, B. y S. Ocegueda. 2008. *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento Actual de la Biodiversidad*. CONABIO, México.

Luke, S.R. 1977. Catalog of the benthic invertebrate collections I. Decapod Crustacea and Stomatopoda. *Scripps Institution of Oceanography* 77:1-72.

Marliave, J.B., K.W. Conway, D.M. Gibbs *et al.* 2009. Biodiversity and rockfish recruitment in sponge gardens and bioherms of southern British Columbia, Canada. *Marine Biology* 156:2247-2254.

Moberg, F. y C. Folke. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics* 29:215-233.

Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl *et al.* 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology* 9: e1001127.

Moyano, H.I. 2009. Ectoprocta/Bryozoa (briozoos). En: *Fauna marina bentónica de la patagonia chilena*. V. Häussermann y G. Forsterra (eds.). Nature in Focus, Chile, pp. 739-789.

Pawson, D.L. 2007. *Phylum* Echinodermata. *Zootaxa* 1668:749-764.

Pérez-Farfante, I. y B.B. Boothe Jr. 1981. *Sicyonia martini*, a new rock shrimp (Decapoda: Penaeoidea). *American Pacific Journal Crustacean Biol*ogy 1:424-432.

——. 1986. Redescription and range extension of the Shrimp *Parapenaeopsis balli* (Decapoda: Penaeidae). *Journal Crustacean Biology* 6(3):401-407.

Pérez-González, R., I. Muñoz, L.M. Valadez y M.I. Borrego. 2002. The current status of spiny lobsters *Panulirus inflatus* and *P. gracilis* (Decapoda: Palinuridae) along the Mexican Pacific coast. En: *Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico Este, vol. 2.* M.E. Hendrickx (ed.). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, Mazatlán, pp. 327-347.

Purcell, S.V., Y. Samyn y C. Conand. 2012. *Commercially important sea cucumbers of the world.* FAO Species Catalogue for Fisheries Purposes num. 6. FAO, Roma.

Purcell, S.V., A. Lovatelli, M. Vasconcellos y Y. Ye. 2010. *Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico.* FAO, Documento técnico de pesca y acuicultura núm. 520. FAO, Roma.

Read, G. y K. Fauchald (eds.). 2012. World Polychaeta Database. En: *<http://www.marinespecies.org/polychaeta/>*, última consulta: 14 de diciembre de 2012.

Reiswig, H.M. 1974. Water transport, respiration and energetics of three tropical marine sponges. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 14:231-249.

Reyes-Bonilla, H., L.E. Calderón-Aguilera, G. Cruz-Piñon *et al.* 2005. *Atlas de corales pétreos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico mexicano*. SOMAC, México.

Román-Contreras, R. 1993. *Probopyrus pacificensis*, a new parasite (Isopoda: Bopyridae) of *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) (Decapoda: Palaemonidae) of the Pacific Coast of Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 106:689-697.

Rouse, G.W. y F. Pleijel. 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press, Hong Kong.

Ruppert, E. y R.D. Barnes. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana, México.

Rützler, K. 1974. Burrowing sponges of Bermuda. *Smithsonian Contribution to Zoology* 165:1-32.

Salazar-Vallejo, S.I., J.A de León-González y H. Salaices-Polanco. 1989. *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México.* Libros Universitarios, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.

Salazar-Vallejo, S.I. y J.A. De León-González. 2009. Introducción. En: *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América tropical.* J.A. De León-González, J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra *et al.* (eds). UANL, Monterrey, pp. 1-2.

Salazar-Vallejo, S.I. y M.H. Londoño-Mesa. 2004. Lista de especies y bibliografía de poliquetos (Polychaeta) del Pacífico oriental tropical. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 75:9-97.

Salazar-Vallejo, S.I., L.F. Carrera-Parra y J.A. de León-González. 2011. Giant eunicid polychaetes (Annelida) in shallow tropical and temperate seas. *Revista de Biología Tropical* 59:1463-1474.

Segura-Puertas, L., E. Suárez-Morales y L. Celis. 2003. A checklist of the Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa and Cubozoa) of Mexico. *Zootaxa* 194:1-15.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Soest, R.W.M van. 2007. Sponge biodiversity. *Journal of the Marine and Biological Association of the United Kingdom* 87:1345-1348.

Solís-Marín, F.A. y A. Laguarda-Figueras. 1999. *Cucumaria flamma*, a new species of sea cucumber from the Central Eastern Pacific (Echinodermata: Holothuroidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 112:778-786.

Solís-Marín, F.A., M. Honey-Escandón, B.I. Herrero-Pérezrul *et al.* 2013. Echinoderms from Mexico: Biodiversity, distribution and current state of knowledge. En: *Echinoderm research and diversity in Latin America*. J.J. Alvarado-Barrientos y F.A. Solís-Marín (eds.). Springer Verlag, Berlín.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sollas, J.W. 1878. On two new and remarkable species of Cliona. *Annals and Magazine of Natural History* 1:54-67.

Sosa-Yañez, A. 2011. *Listado taxonómico, filogenia y ecología de bryozoarios (ectoprocta) de la costa de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Soule, D.F. y J.D. Soule. 1964. The Ectoprocta (Bryozoa) of Scammon´s Lagoon, Baja California, México. *American Musseum Novitates* 2199:1-56.

Spalding, M.D., C. Ravilious y E.P. Green. 2001. *World atlas of coral reefs.* UNEP-WCMC/University of Carolina Press, Berkeley.

Suárez-Morales, E. y J.C. Zurita-Gutierréz. 1991. Copépodos epipelágicos de la zona central de Michoacán, México (invierno-verano, 1983). *Universidad y Ciencia* 8:25-32.

Tovar-Hernández, M.A., P. Salazar-Silva, J.Á. de León-González *et al.* 2014. Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S190-S196.

Trujillo-Toledo, J.L. 2010. *Estudio de invertebrados marinos ribereños de importancia comercial en la costa michoacana*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Turok, M. y J. Acevedo. 2000. Protection of the colorful Mixteca and Nahoa indigenous dye traditions in Mexico: the saga of the *Plicopurpura pansa* snail. En: *Incentive measures for conservation and sustainable use of biological Diversity. Case studies and lessons learned.* UNEP, Canadá.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. En: *<http://www.iucnredlist.org/>*, última consulta: 16 de diciembre de 2012.

Webster, N.S. 2007. Sponge disease: a global threat? *Environmental Microbiology* 9:1363-1375.

Wilson, C.B. 1950. Copepods Gathered by the United States Fisheries Steamer "Albatros" from 1887 to 1909, chiefly in the Pacific Ocean. *Bulletin of the United States National Museum* 14:142-441.

Wilson, E.O. 1988. *Biodiversity.* National Academy Press, Washington.

Zenkevich, L.A. 1963. *Biology of the seas of the U.S.S.R.* George Allen & Unwin LTD, Londres.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Comunidades coralinas del litoral michoacano: el caso de El Zapote de Madero

HÉCTOR HUGO NAVA BRAVO

Los arrecifes coralinos del Pacífico oriental, a diferencia de las espectaculares estructuras arrecifales del Caribe y el Pacífico oeste, incluido el litoral mexicano, no son tan extensos ni desarrollados. La existencia de cuerpos de agua que desembocan y aportan sedimentos en la zona costera, aunado a la extensión de playas arenosas, son factores que mantienen condiciones no óptimas para el desarrollo de grandes arrecifes de coral en esa región (Reyes-Bonilla 1993). Los corales duros o pétreos (orden Scleractinia) son los principales formadores de esas estructuras.

En la zona costera noroeste existen al menos seis especies pertenecientes a los géneros *Pavona*, *Pocillopora*, *Porites* y *Psammocora* (Reyes-Bonilla *et al.* 2005), de las cuales las del género *Pocillopora* son las más comunes; se localizan en zonas rocosas donde llegan a formar parches arrecifales o crecen en forma de colonias aisladas, conformando lo que se conoce como comunidades coralinas. Esas especies han sido reportadas en las localidades de El Zapote de Madero, La Manzanillera, Faro de Bucerías, El Carrizalillo, Maruata y Caleta de Campos (Reyes Bonilla *et al.* 2005). A pesar de su bajo nivel de desarrollo, la existencia de esas comunidades es un indicador de la calidad ambiental de la zona costera y, a su vez, constituyen una importante reserva genética de las especies presentes en el Pacífico este.

En la costa michoacana el conocimiento de estas comunidades es reciente, y debido a que se encuentran en zonas de escaso desarrollo urbano el impacto por las actividades humanas aún no representa una amenaza (Nava y Ramírez-Herrera 2012). Sin embargo, en localidades como El Zapote de Madero, ubicado al noroeste del municipio de Aquila, se localizan comunidades coralinas con signos de deterioro, con alta cobertura de corales muertos y algas (figura 1).

Un estudio de Nava y Ramírez-Herrera (2012) documentó el estado de conservación de las comunidades coralinas de El Zapote de Madero. Reportó que a profundidades menores a 6 m existen grandes extensiones de parches arrecifales muertos, al parecer de corales del género *Pocillopora,* cubiertos por algas calcáreas y corales costrosos del género *Porites* (figuras 2 y 3).

FIGURA 1. Detalle de estructura arrecifal compuesta por restos de corales del género *Pocillopora*. Foto: Héctor Nava.

FIGURA 2. Vista general de estructura arrecifal a 6 m de profundidad en El Zapote Madero. Foto: Héctor Nava.

El análisis de algunos factores ambientales en El Zapote de Madero (sedimentación, transparencia del agua, concentración de clorofilas y sólidos suspendidos totales) no detectó condiciones que indicaran contaminación por exceso de nutrientes u otro impacto humano relevante para explicar las condiciones de deterioro del arrecife, aunque esas condiciones no son usuales en

Nava, H. 2019. Comunidades coralinas del litoral michoacano: el caso de El Zapote de Madero. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 307-309.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Colonia de coral *Pocillopora verrucosa* (al centro). Los corales del género *Pocillopora* aún permanecen en el arrecife, sin embargo, son muy escasos. Foto: Héctor Nava.

FIGURA 4. *Porites panamensis*, coral incrustante que predomina en algunos arrecifes a profundidades menores a 6 metros. Foto: Héctor Nava.

FIGURA 5. *Amphimedon texotli,* una llamativa esponja asociada a ambientes de arrecifes de coral en el Pacífico mexicano. Especie fotografiada durante el muestreo en la localidad, aunque no se ha reportado en ningún trabajo previo. Foto: Héctor Nava.

comunidades coralinas del Pacífico mexicano, ya que las estructuras arrecifales suelen estar constituidas sobre todo por corales arborescentes del género *Pocillopora* (figura 4). Resulta desafortunado que las especies pertenecientes a este género aparentan ser sensibles al blanqueamiento causado por periodos inusuales de calentamiento de la superficie del océano, conocidos como eventos de El Niño.

Un caso similar al de la comunidad coralina de El Zapote de Madero fue documentado por Carriquiry *et al.* (2001) en algunas comunidades coralinas de Nayarit, en donde el deterioro fue atribuido al impacto de El Niño de 1998. De acuerdo con las observaciones de Nava y Ramírez-Herrera (2012), dicho evento también pudo causar mortandad masiva de los corales del género *Pocillopora* en la localidad de estudio. En los casos de Nayarit y Michoacán, los corales del género *Porites* pudieron ser las especies dominantes en la zona, ya que al parecer toleran mejor las condiciones del evento El Niño y presentan una buena recuperación después de ese tipo de impactos. Parte de la comparación entre los arrecifes de Nayarit y los de El Zapote Madero se basa en la similitud de las características de los componentes del sustrato (alta cobertura de corales muertos, algas calcáreas y dominancia de *Porites panamensis*) y en la ausencia de impactos humanos relevantes.

Los resultados de algunos estudios muestran la susceptibilidad de dichas comunidades ante perturbaciones ambientales acentuadas por el cambio climático, aún en localidades que parecen no ser tan afectadas por actividades humanas.

Los principales problemas asociados al deterioro de las comunidades coralinas son la disminución de la tasa de crecimiento arrecifal, que conlleva erosión y reducción de la complejidad topográfica del arrecife. La pérdida de microhábitats resultante provoca la disminución de la heterogeneidad ambiental y de refugios para gran variedad de organismos con requerimientos específicos, como esponjas y peces (figuras 5 y 6), lo que a su vez causa disminución importante de la diversidad y, en muchos casos, una pérdida irreparable.

En el caso de El Zapote de Madero, la recuperación de la comunidad coralina podría ser posible si se evita que las condiciones ambientales continúen deteriorándose. Para lograrlo es necesario disminuir los niveles de contaminación por desechos urbanos y promover medidas que eviten la deforestación y erosión de la zona costera. Asimismo, es importante seguir realizando estudios sobre la biodiversidad de esas comunidades, pues existe poco conocimiento de los grupos taxonómicos que albergan, muchos de ellos de importancia comercial y cultural para el ser humano.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 6. Aún con signos de deterioro, los remanentes de la estructura arrecifal de la localidad de El Zapote Madero mantienen alta diversidad de organismos; en la imagen se puede apreciar un cardumen de peces cirujanos. Foto: Héctor Nava.

REFERENCIAS

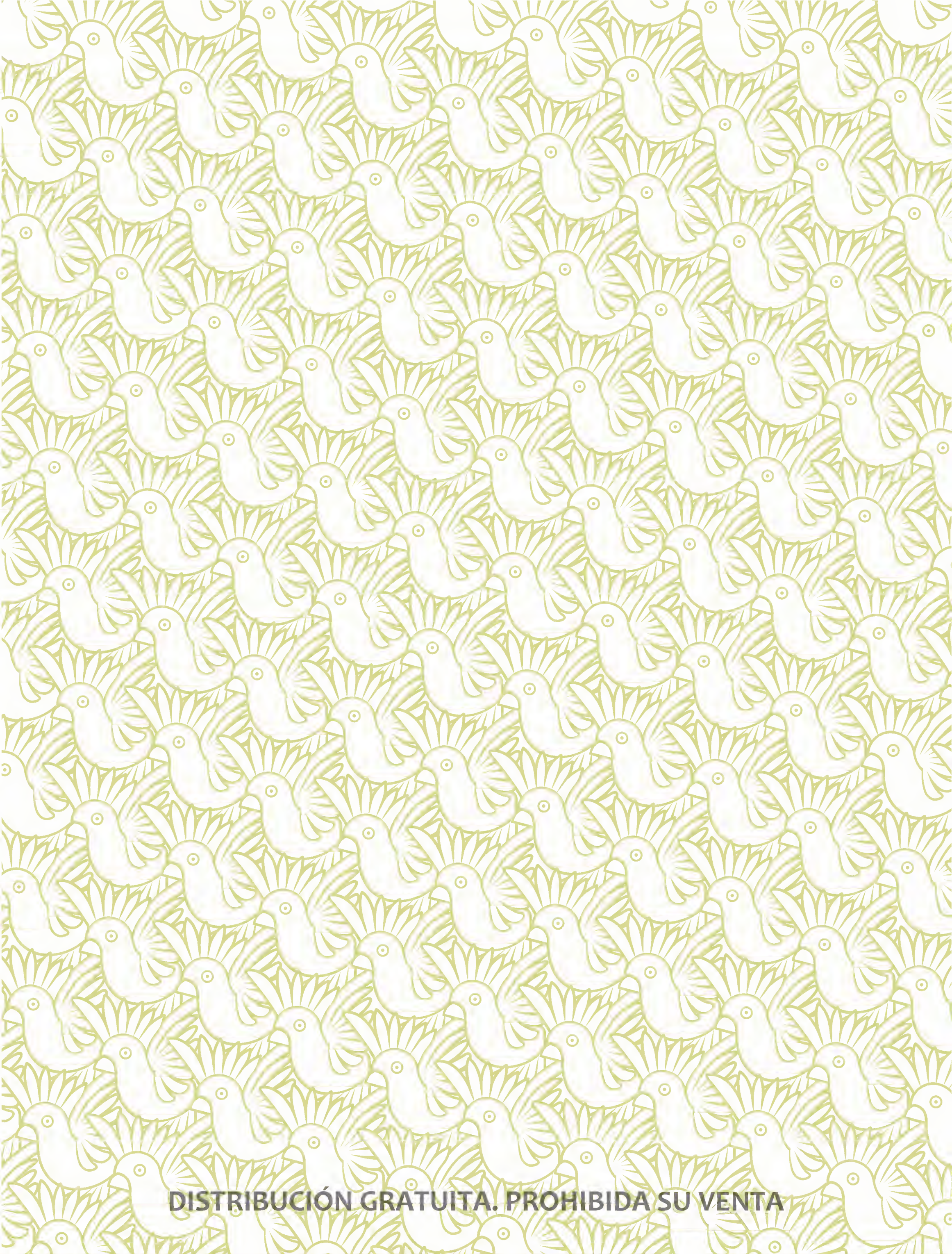
Carriquiry, J.D., A.L. Cupul-Magaña, F. Rodríguez-Zaragoza y P. Medina-Rosas. 2001. Coral bleaching and mortality in the mexican Pacific during the 1997-1998. El Niño and prediction form a remote sensing approach. *Bulletin of Marine Science* 69:237-250.

Nava, H. y M.T. Ramírez-Herrera. 2012. Land use changes and impact on coral communities along the central Pacific coast of Mexico. *Environmental Earth Science* 65: 1095-1104.

Reyes-Bonilla, H. 1993. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. En: *Biodiversidad marina y costera de México.* S.I. Salazar-Vallejo y N. González (eds.). CONABIO/CIQRO, México, pp. 207-222.

Reyes Bonilla, H., L.E. Calderón Aguilera, G. Cruz Piñon *et al.* 2005. *Atlas de los corales pétreos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico Mexicano.* Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada/CONABIO/CONACYT/ Universidad de Guadalajara/Centro Universitario de la Costa/Universidad del Mar, Baja California.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El uso del tinte del caracol púrpura (*Plicopurpura columellaris*): tradición milenaria viva en la cultura náhuatl

ALMA LILIA FUENTES FARÍAS, PABLO EULOGIO ALARCÓN CHÁIRES, TOHTLI LAURA ELENA ZUBIETA ROJAS Y CIRCE ISABEL TORRES TORRES

El caracol de tinte o púrpura *Plicopurpura columellaris* (familia Muricidae) habita en zonas rocosas intermareales del Pacífico este; del sur de la península de Baja California hasta Colombia e islas Galápagos (Keen 1971). El uso del tinte de caracol para el teñido de textiles es una tradición milenaria que se desarrolló en el Viejo Mundo (Hernández y Acevedo 1987). Diversos grupos étnicos de México, como los mixtecos, huaves, chontales y nahuas, han utilizado desde épocas prehispánicas el tinte de este caracol para teñir el hilo de algodón para elaborar y bordar las prendas de vestir para ceremonias rituales, cuyo significado se ha asociado al poder y la fertilidad (Turok *et al.* 1988).

En el *Códice Nutall*, de origen mixteco, aparecen pictografías que sugieren el uso del tinte del caracol como pintura corporal, también se aprecia en la vestimenta de los personajes (Nutall y Olea 1971). Según interpretaciones del *Códice Mendocino*, los indígenas de la vertiente del Pacífico pagaban altos tributos, en especie, a los alcaldes mayores, mismos que revendían las madejas de algodón teñidas para su utilización en la vestimenta ceremonial (Dalghren 1990, De la Fuente y Staines 1998). Durante la Colonia se mantuvo esta tradición en las costas de Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco. Los pueblos mixtecos, chontales y nahuas viajaban a las costas durante los últimos y primeros meses del año para sacar los caracoles del mar y con sumo cuidado extraer el tinte y devolverlos a su medio. Ese esmero contempla la ordeña de caracoles por zonas de la franja litoral, considerando que los caracoles recuperan la tinta aproximadamente en un ciclo lunar. A través del tiempo fueron los mixtecos y nahuas quienes conservaron esa tradición (Romeu 1996, Michel-Morfín *et al.* 2002; figura 1).

En la actualidad, dentro de la cosmovisión de las mujeres nahuas de las localidades de Cachan de Echeverría y Maruata, pertenecientes al municipio de Aquila, se tiene la creencia y práctica de protegerse contra la esterilidad y el aborto, con mantas o *tachihual* elaboradas en telar de cintura o *laxitili* (figura 2a) y enaguas o *lachihua* bordados con hilos teñidos con tinte púrpura (Torres-Torres 2010, figura 2b).

FIGURA 1. Ordeña artesanal de tinte de *Plicopurpura columellaris*. Foto: Circe Isabel Torres-Torres.

A principios de la década de 1980, la población de *P. columellaris* en Oaxaca y Michoacán fue sometida a un proceso de extracción que puso en riesgo sus poblaciones, eso debido al mal manejo y uso de técnicas inapropiadas de ordeña por parte de una compañía japonesa llamada Purpura Imperial, quien desplazó a los teñidores indígenas (Turok *et al.* 1988). Ante la denuncia de un grupo de afectados, en 1988 apareció en el Diario Oficial de la Federación un acuerdo para regular la conservación y aprovechamiento del recurso tintóreo.

Actualmente, se le considera como una especie sujeta a protección especial con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que no está autorizado su aprovechamiento comercial; sin embargo, se han hecho propuestas para reiniciar su explotación, manteniendo la tradición indígena bajo el concepto de manejo sustentable (Turok y Acevedo 2000). Desde luego, lo deseable sería implementar zonas de crianza, protección, investigación y posible explotación controlada, lo cual sería posible en zonas costeras de reservas ecológicas estatales; una zona potencial es el municipio de Aquila. Sin duda, el caracol púrpura es un patrimonio biológico de gran valor cultural para México y Michoacán, y preservarlo es compromiso de todos los mexicanos (figura 3).

Fuentes-Farías, A.L., P. Alarcón-Cháires, T. Zubieta-Rojas y C. Torres-Torres. 2019. El uso del tinte del caracol púrpura (*Plicopurpura columellaris*): tradición milenaria viva en la cultura náhuatl. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 311-312.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. a) Tejido con punto de cruz de hilo teñido con caracol púrpura, b) telar de cintura comúnmente utilizado en la elaboración de textiles en la costa. Foto: Circe Isabel Torres-Torres.

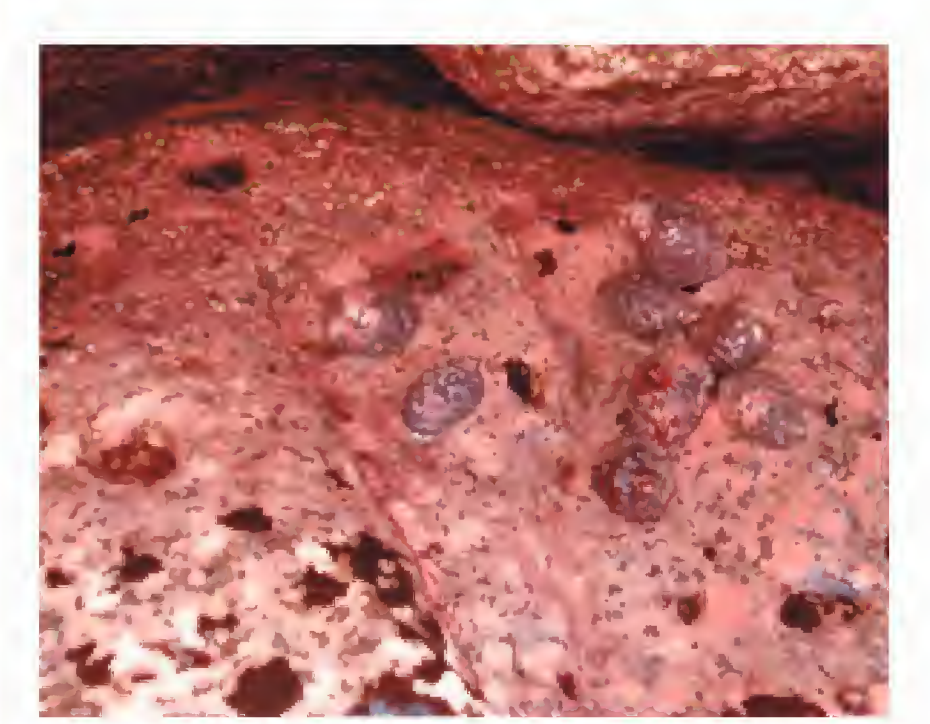


FIGURA 3. Detalle del hábitat del caracol púrpura. Foto: Circe Isabel Torres-Torres.

REFERENCIAS

De la Fuente, B. y L. Staines. 1998. *La pintura mural prehispánica en México: área maya Bonampak*. Vol. 2. Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM, México.

Hernández, E. y J. Acevedo. 1987. *Aspectos poblacionales y etnobiológicos del caracol Purpura pansa (Gould, 1853) de la costa de Oaxaca*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Keen, A.M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. Stanford University, EUA.

Michel-Morfín, J.E., E.A. Chávez y L. González. 2002. Estructura de la población, esfuerzo y rendimiento de tinte del caracol *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) en el Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas* 28(4):357-368.

Nutall, Z. y H.R. Olea. 1971. *Una curiosa supervivencia del caracol púrpura en Oaxaca, México*. Gobierno del Estado de Oaxaca, México.

Romeu, E. 1996. *Purpura pansa*: una historia de tintes y caracoles. *Biodiversitas* 6:9-12.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre en el DOF. Texto vigente.

Torres-Torres, C.I. 2010. *Estudio etnozoológico y poblacional del caracol Plicopurpura pansa (Gould, 1853) (Mollusca: Gasteropoda) en la costa de Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Turok, M. y J. Acevedo. 2000. Protection of the colorful Mixteca and Nahoa indigenous dye traditions in Mexico: the saga of the *Plicopurpura pansa* snail. En: *Use of incentive measures for conservation and sustainable use of biological diversity*. United Nations Environmental Program (UNEP), The Hague, Países Bajos, pp. 131-157.

Turok, M., A. Sigler, C. Hernández *et al.* 1988. *El caracol púrpura, una tradición milenaria en Oaxaca, México*. SEP/Dirección General de Culturas Populares e Indígenas/Programa de Artesanías y Culturas Populares, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Macroinvertebrados dulceacuícolas

CATHERINE MATHURIAU (†), ARNO S. MATHURIAU, ZOE S. MATHURIAU Y SERGIO SEGURA

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados dulceacuícolas son todos los animales invertebrados de tamaño mayor a 0.5 mm que viven en aguas superficiales y subterráneas de ambientes lóticos (ríos, arroyos y cascadas) y lénticos (manantiales, humedales, lagunas, lagos y pozas).

Este grupo está conformado en su mayoría por especies que pertenecen a los *phyla* Cnidaria (medusas), Briozoa (animales musgo), Porifera (esponjas), Platyhelminthes (gusanos planos), Annelida (gusanos redondos), Mollusca (moluscos), Nematomorpha (gusanos cordones), Nemertea (nemertinos), Nematoda (nemátodos) y Arthropoda (artrópodos), que pueden coexistir en un mismo hábitat conformando una comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Estos organismos pueden vivir en la columna de agua moviéndose de modo activo (necton) o pasivo (plancton); en la superficie del agua (neuston) o en el fondo (bentos). Colonizan gran diversidad de microhábitats, como pozas profundas, raíces a la orilla del río, musgos, hojarascas, troncos, sustratos rocosos, limosos o arenosos, vegetación acuática, etc. (Mathuriau *et al.* 2011).

Los macroinvertebrados acuáticos pueden realizar todo su ciclo de vida en el agua, como los crustáceos, cnidarios, moluscos, platelmintos y algunas familias de coleópteros y hemípteros, o solamente estar en el agua durante el estado larval y vivir en ambientes terrestres durante el estado adulto, como los megalópteros, efemerópteros, odonatos, tricópteros, plecópteros y algunas familias de coleópteros (McCafferty y Provonsha 1983).

DIVERSIDAD

México alberga 3% de la diversidad mundial de macroinvertebrados dulceacuícolas y Michoacán tiene 15.6% de la diversidad del país. Los artrópodos cuentan con el mayor número de especies/morfotipos con un total de 430 especies que representan 93.5% del total inventariado, seguido de los moluscos (almejas y caracoles de agua, 3.7%) y anélidos (lombrices y sanguijuelas de agua, 2%). En el grupo de los artrópodos, los insectos son el grupo más diverso (94.7%), seguido por los malacostracos o crustáceos superiores (camarones y cangrejos, 4.6%). Odonata (libélulas o caballitos del diablo) es el orden mejor conocido y representa 33.8% del total de los insectos, seguido por Diptera (moscas de agua, 29.9%), Coleoptera (escarabajos de agua, 12.5%) y Trichoptera (12.5%).

Mathuriau, C., A.S. Mathuriau, Z.S. Mathuriau y S. Segura. 2019. Macroinvertebrados dulceacuícolas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 313-323.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN

Poco se sabe de la distribución geográfica de los macroinvertebrados dulceacuícolas en el estado, por ser organismos pocos estudiados. De las especies que se tiene información, gran parte fueron colectadas en la región del Sistema Volcánico Transversal (apéndice 37). Sin embargo, sin considerar a los decápodos, cuya distribución ha sido mejor estudiada, la información disponible sobre la localización de los registros de los macroinvertebrados dulceacuícolas refleja un esfuerzo de colecta mayor en algunas regiones, más que un posible patrón específico de distribución de estas especies. En el cuadro 1 se presenta el número de especies de macroinvertebrados, por grupos, encontrados en el estado (apéndice 37).

A continuación, se presenta una breve descripción de especies que constituyen el grupo de los macroinvertebrados dulceacuícolas y su estado de conocimiento en la entidad (figuras 1 a 5). No se incluyeron los *phyla* Nematomorpha, Nemertea, Nematoda, ni las clases Branchiopoda, Ostracoda y Maxillopoda del *phylum* Arthropoda, ya que generalmente son organismos inferiores a 0.5 mm o endoparásitos de otros invertebrados.

PORIFERA

Las esponjas se distinguen por tener su cuerpo lleno de poros y canales por donde circula una corriente continua de agua. Estos organismos viven exclusivamente en ambientes acuáticos, son en su mayoría marinos y sólo 1.5% de las especies son dulceacuícolas (Manconi y Pronzato 2008). Son especies bentónicas y sésiles, es decir, están fijados a algún sustrato. En ambientes dulceacuícolas, sobre la superficie de las piedras, tienen el aspecto de una costra blanda de color café a blanco verdoso, lo que les da la apariencia de moho.

Diversidad y distribución

En México se ha reportado la presencia de 10 especies, de las cuales dos están presentes en la entidad: *Ephydatia fluviatilis* (figura 1) y *Heteromeyenia repens*, halladas en el lago de Pátzcuaro (Rioja 1940, 1942; apéndice 37, cuadro 1).

FIGURA 1. *Ephydatia fluviatilis* (Porifera), una de las dos especies de esponjas presentes en la entidad, específicamente en el lago de Pátzcuaro. Foto: Patrick Steinmann.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Número de especies de macroinvertebrados dulceacuícolas.

Phylum	Clase	Orden	Mundo[1]	México[2]	Michoacán[3]
Cnidaria			26	2 (7.7)	0
Porifera			219	10 (4.6)	2 (20.0)
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	1 303	?	1
		Temnocephalida	ND	ND	1
Annelida	Clitellata	Arhynchobdellida	230	8 (3.5)	3 (37.5)
		Rhynchobdellida	208[4]	15 (7.2)	6 (40.0)
		Haplotaxida	1 100	?	ND
Mollusca	Gastropoda		3 795	76 (2.0)	15 (19.7)
	Bivalvia		1 026	22 (2.1)	2 (9.1)
Arthropoda	Arachnida	Prostigmata	5 000	314 (6.3)	1 (0.3)
		Temnocephalida	ND	ND	1
	Malacostraca	Amphipoda	1 870	25 (1.3)	1 (4.0)
		Isopoda	942	48 (5.1)	1 (2.1)
		Decapoda	2 600	160 (6.2)	18 (11.3)
	Insecta	Ephemeroptera	3 000	138 (4.6)	12 (8.7)
		Odonata	5 827	355 (6.1)	138 (39.1)
		Plecoptera	3 497	48 (1.3)	4 (8.3)
		Hemiptera	4 810	260 (5.4)	24 (9.2)
		Hymenoptera	ND	ND	1
		Megaloptera	328	13 (4.0)	3 (23.1)
		Trichoptera	14 548	414 (2.8)	51 (12.3)
		Lepidoptera	740	20 (2.7)	2 (10)
		Diptera	41 700	614 (3.6)[5]	122 (19.9)
		Neuroptera	118	3 (2.5)	0
		Coleoptera	12 600	583 (4.6)	51 (8.7)
	Collembola	Entomobryomorpha	43	1 (2.3)	0
		Poduromorpha	19	1 (5.3)	0
		Symphypleona	40	14 (35.0)	1 (7.1)
Total			**105 381**	**3 156**	**461**

Los conteos para Michoacán incluyen taxa no identificados. [1]Especies que tienen una parte o la totalidad de su ciclo de vida en ambientes acuáticos. [2]Especies presentes en México y porcentaje con respecto a las especies reportadas a nivel mundial. [3]Especies presentes en el estado y porcentaje sobre el total de especies reportadas en México. [4]Especies de vida libre. [5]Número de especies registradas en México que pertenecen a las familias Blepharoceridae, Ceratopogonidae, Chaoboridae, Chironomidae, Corethrellidae, Culicidae, Dixidae, Simuliidae y porcentaje de estas especies presentes en México sobre el número de especies de estas familias (17 267) reportadas a nivel mundial. ND: no determinada.
Fuente: Rioja 1940, 1942, Lamothe-Argumedo 1968, Benazzi 1972, Bueno-Soria y Flint Jr. 1978, Baumann y Kondratieff 1996, McCafferty y Lugo-Ortiz 1996, Solís 1996, Jäch 1998, Andersen *et al.* 2000, Contreras-Ramos 2000*a, b*, Hoffmann y López-Campos 2000, Naranjo-García y Meza-Meneses 2000, Palacios-Vargas *et al.* 2000, Randolph y McCafferty 2000, Santiago-Fragoso y Spangler 2000, Arce-Pérez y Jäch 2004, Stark y Kondratieff 2004, Escalera-Gallardo *et al.* 2005, Ponce 2005, Bogan 2008, Deharveng *et al.* 2008, De Moor e Ivanov 2008, Di Sabatino *et al.* 2008, Fochetti y Tierno de Figueroa 2008, Manconi y Pronzato 2008, Martin *et al.* 2008, Rocha *et al.* 2008, Schockaert *et al.* 2008, Sket y Trontelj 2008, Strong *et al.* 2008, Thompson 2008, Väinölä *et al.* 2008, Villalobos-Hiriart y Álvarez 2008, Wilson 2008, Coronado-Mercado y Pérez-Munguía 2009, Rocha-Ramírez *et al.* 2009, Bueno-Soria 2010, Mathuriau y Herrejón 2010, Alonso-EguíaLis *et al.* 2011, Arce-Pérez y Morón 2011, McCafferty 2011, Casas-Martínez *et al.* 2012, CONABIO 2012, Adler y Crosskey 2014, Bond *et al.* 2014, Oceguera-Figueroa y León-Régagnon 2014, Bowles 2015.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

PLATYHELMINTHES

Los platelmintos o gusanos planos tienen el cuerpo aplanado dorsoventralmente y no poseen apéndices locomotores, al igual que los anélidos (Beaumont y Cassier 1981). De las cuatro clases que comprende el *phylum*, tres agrupan organismos parásitos y una, Turbellaria, reúne especies de vida libre y acuática (Schockaert *et al.* 2008). La mayoría de los turbelarios acuáticos son marinos, pero 20% de las especies viven en agua dulce en el fondo del agua, debajo de las piedras, en la hojarasca y en ambientes húmedos (Schockaert *et al.* 2008). Estos organismos son principalmente depredadores, aunque también se alimentan de animales muertos y de algas (Schockaert *et al.* 2008).

Diversidad y distribución

Se conocen 1 303 especies dulceacuícolas en el mundo (Schockaert *et al.* 2008). Sin embargo, en Michoacán se han reportado sólo dos especies: *Dugesia* sp. (figura 2) y *Temnocephala mexicana* (Benazzi 1972, CONABIO 2012), las cuales se distribuyen en el lago de Pátzcuaro y en la laguna de Camécuaro.

FIGURA 2. *Dugesia* sp., especie de gusano plano. Foto. Ondřej Machač.

En México, y en particular en Michoacán, la mayor parte de los trabajos taxonómicos se han realizado sobre los platelmintos parásitos, importantes por causar enfermedades a diferentes hospederos vertebrados, incluyendo al ser humano. La falta de registros sobre platelmintos libres también se puede atribuir a la dificultad para encontrarlos, en este sentido las especies más conocidas pertenecen al grupo de los planarios, que son especies grandes, sin embargo, existe gran diversidad de especies de menor tamaño que pasan desapercibidas en los muestreos.

ANNELIDA

Los anélidos, representados sobre todo por las lombrices de tierra y las sanguijuelas, son animales de cuerpo blando, cilíndrico y segmentado, con una simetría bilateral (Beaumont y Cassier 1981). Están conformados por varios grupos de los cuales la clase Clitellata abarca la mayor parte de las especies de agua dulce. Esta clase comprende los órdenes Rhynchobdellida, Arhynchobdellida y Haplotaxida.

Los hirudíneos (Rhynchobdellida y Arhynchobdellida) se conocen como sanguijuelas, tienen el cuerpo aplanado dorsoventralmente y con pliegues cutáneos, no poseen quetas o cerdas en el cuerpo, tienen ventosas, una anterior bucal y una posterior con la cual se desplazan y se alimentan (Sket y Trontelj 2008). En la época reproductiva se forma una estructura denominada clitelio, que es el capullo en el que se almacenan y se desarrollan los huevos (Sket y Trontelj 2008). La mayoría de las especies de sanguijuelas (70%) viven en agua dulce y las demás son marinas o terrestres (Sket y Trontelj 2008). Muchas son parásitos hematófagos y otras se alimentan de moluscos, crustáceos, renacuajos, alevines e insectos.

Los Haplotaxida u oligoquetos se conocen como lombrices de tierra o de agua, tienen el cuerpo cilíndrico, segmentado y poseen algunas quetas o cerdas. Al igual que los hirudíneos poseen clitelio (Beaumont y Cassier 1981). La mayoría son terrestres, 22% viven en agua dulce y algunas pocas son marinas (Martin *et al.* 2008). Las especies dulceacuícolas se alimentan de desechos vegetales o bien de materia orgánica.

Diversidad y distribución

Se conocen 482 especies de hirudíneos en el mundo (Sket y Trontelj 2008); nueve especies de vida libre se encuentran en Michoacán (Oceguera-Figueroa y León-Régagnon 2014; apéndice 37, cuadro 1), sobre todo en los lagos de Pátzcuaro y de Zirahuén, y en Zitácuaro. En la región Neártica se han reportado 79 especies y 104 en la región Neotropical (Sket y Trontelj 2008), lo que sugiere que existen aún especies por encontrar.

En cuanto a los oligoquetos se conocen 1 100 especies en el mundo (Martín *et al.* 2008). En Michoacán se ha reportado la presencia de varios organismos en ríos de la cuenca de Cuitzeo; sin embargo, aún no han sido identificados y se desconoce el número de especies (reportadas como ND* y no contabilizados en el total de organismos macroinvertebrados dulceacuícolas del apéndice 37) en la entidad (Mathuriau *et al.* 2011). En la región Neártica se han reportado 238 especies y en la región Neotropical 178 (Martin *et al.* 2008), lo que sugiere que en el país se puede hallar por lo menos 200 especies de oligoquetos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

MOLLUSCA

Este grupo engloba entre 80 y 100 mil especies (Strong *et al.* 2008), lo que lo convierte en el segundo *phylum* de invertebrados más diversos después de los artrópodos. Los moluscos presentan mayor diversidad en ambientes marinos; de las siete clases, cinco son marinas (Beaumont y Cassier 1981).

Los moluscos dulceacuícolas pertenecen a dos clases: Gastropoda y Bivalvia. Los gastrópodos tienen un cuerpo blando no segmentado formado por una cabeza, una masa visceral y un pie musculoso que en su mayoría está revestido por una concha y siempre es de una sola pieza. Esta concha puede ser cónica o enrollarse en espiral. En algunos gasterópodos el pie produce una formación córnea o calcárea llamada opérculo, que cierra la boca cuando el animal está retraído (Beaumont y Cassier 1981). Estos organismos se alimentan de algas adheridas a las rocas o de vegetación y bacterias, aunque algunos son macroherbívoros y depredadores (Strong *et al.* 2008). Los bivalvos tienen un cuerpo blando revestido con dos valvas laterales, en general simétricas, unidas por una bisagra y ligamentos (Beaumont y Cassier 1981); se alimentan filtrando el agua que contiene materia orgánica y diatomeas (Bogan 2008).

Diversidad y distribución

En México se han registrado 1.9% de los gasterópodos y 2.1% de los bivalvos dulceacuícolas del mundo. En la entidad los dos grupos registran 15 especies (19.7%) y dos (9.1%), respectivamente (cuadro 1). Las especies de bivalvos reportadas en la entidad provienen del lago de Pátzcuaro (apéndice 37). Las especies de gasterópodos se reportaron en diferentes provincias fisiográficas del estado, como en la Llanura Costera, en el Sistema Volcánico Transversal y en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec. Es necesario realizar un mayor esfuerzo de colecta en otros ambientes dulceacuícolas y en otras partes del estado para reportar nuevas especies para la región.

ARTHROPODA

Los artrópodos se caracterizan por tener un esqueleto externo quitinizado y apéndices articulados (Beaumont y Cassier 1983). Es el *phylum* con mayor diversidad de macroinvertebrados dulceacuícolas conocidos y estudiados; comprende cuatro *subphyla*, tres son muy comunes en ambientes dulceacuícolas: Chelicerata (arañas), Uniramia (insectos y colémbolos) y Crustacea (decápodos, anfípodos; Dodds 2002). Se presentan cuatro clases: Aracnida, Malacostraca, Insecta y Collembola.

Clase Arachnida

Los arácnidos (arañas, garrapatas, alacranes y ácaros) son artrópodos quelicerados principalmente terrestres; sin embargo, algunas arañas son semiacuáticas o acuáticas. Los ácaros acuáticos son los que abarcan más especies dulceacuícolas y pertenecen al orden Prostigmata y suborden Parasitengona (Hoffmann y López-Campos 2000).

Las especies de ácaros dulceacuícolas (Hydrachnidia) en hábitats lénticos se caracterizan por tener sedas natatorias muy largas que les permiten desplazarse; las especies en hábitats lóticos son caracterizadas por tener patas cortas y fuertes (Goldschmidt 2014). Estos ácaros son relativamente grandes (0.5 a 2 mm) y de colores muy llamativos, son depredadores y colonizan gran variedad de hábitats acuáticos, como ríos, arroyos, manantiales, lagunas, lagos, charcos, aguas intersticiales, así como aguas sulfurosas y termales (Cook 1974, Smith *et al.* 2001). Las larvas son ectoparásitos en adultos de insectos acuáticos como dípteros, hemípteros y odonatos, entre otros, mientras que los adultos de la familia Unionicolidae parasitan a bivalvos (Goldschmidt 2014).

Diversidad y distribución

En el mundo se reportan 5 mil especies de ácaros dulceacuícolas (Di Sabatino *et al.* 2008). En México se han registrado 314 especies, de las cuales solamente dos están reportadas en Michoacán: *Hydrachna* sp. (figura 3) y *Arrenurus adrianae* (Alonso-EguíaLis *et al.* 2011, Hoffmann y López-Campos 2000). Los ácaros acuáticos no han recibido mucha atención en el estado y en general en el país, es probable que sea por su tamaño relativamente pequeño, lo que los hace poco visibles en las colectas.

FIGURA 3. Ácaro (*Hydrachna* sp.), artrópodo de la clase Arachnida, una de las dos especies que se localizan en el estado. Foto: Marcia Ramírez Sánchez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Clase Malacostraca

Se trata de crustáceos superiores que viven sobre todo en ambientes marinos o salobres. Las especies dulceacuícolas pertenecen a cuatro órdenes: Amphipoda, Isopoda, Mysida y Decapoda.

Los anfípodos son crustáceos aplanados lateralmente y los isópodos tienen un cuerpo aplanado dorsoventralmente, delgado o alargado (Rocha *et al.* 2008). Estos dos grupos se encuentran tanto en ambientes lóticos y lénticos, en aguas superficiales y subterráneas (Rocha *et al.* 2008).

Los misidáceos son crustáceos sobre todo de ambientes marinos, sólo algunas especies viven en aguas dulces y en su mayoría son cavernícolas (Villalobos-Hiriart *et al.* 1993).

Los decápodos son el grupo de crustáceos mejor conocido en México. Se trata de especies marinas, solamente algunas familias de cangrejos (Pseudothelphusidae y Trichodactylidae) y camarones (Alpheidae, Atyidae, Cambaridae y Palaemonidae) han colonizado con éxito ambientes dulceacuícolas (Villalobos-Hiriart *et al.* 1993). Muchas especies de camarones tienen una etapa larval abreviada que les permite completar su ciclo de vida en agua dulce, pero otras especies tienen que migrar hacia la zona estuarina o marina para completar su ciclo de vida (Villalobos-Hiriart *et al.* 2010).

Diversidad y distribución

Se estima en 1 870 el número de anfípodos conocidos en el mundo (Väinölä *et al.* 2008). En los trópicos presentan menor diversificación con respecto a otras regiones, representan 6% de las especies reportadas en el mundo.

En México 22 de las 25 especies conocidas son cavernícolas (Rocha *et al.* 2008). En Michoacán sólo se reporta a *Hyalella azteca* (apéndice 37), hallada en el río Grande de Morelia (Mathuriau y Herrejón 2010) y en el lago de Pátzcuaro (Alonso-EguíaLis *et al.* 2011). Esta especie tiene una amplia distribución en México, sin embargo, sólo se ha reportado en el Sistema Volcánico Transversal (Mathuriau y Herrejón 2010, Alonso-EguíaLis *et al.* 2011). Estudios moleculares muestran que en realidad se trata de varias especies (Witt y Hebert 2000).

Se conocen 942 especies de isópodos en el mundo (Wilson 2008), en México se han registrado 48 (2.1% de las especies descritas para el país), de las cuales 79.2% son cavernícolas o viven en aguas intersticiales. En la entidad se registra la presencia de *Caecidotea communis* encontrada en el lago de Pátzcuaro (Rocha-Ramírez *et al.* 2009, Alonso-EguíaLis *et al.* 2011).

El grupo de los decápodos en México está conformado por 160 especies (6.2% de las conocidas en el mundo; Villalobos-Hiriart y Álvarez 2008), que se pueden separar en dos grandes componentes zoogeográficos: las formas provenientes de la región Neártica (Cambaridae) y las procedentes de la región Neotropical (Alpheidae, Atyidae, Palaemonidae, Pseudothelphusidae y Trichodactylidae; Villalobos-Hiriart *et al.* 1993).

Los decápodos son poco diversos en el estado y se han reportado 18 especies (11.3% de las especies del país). Los representantes de la familia Cambaridae se encuentran en la región lacustre y en el Sistema Volcánico Transversal mientras que las familias neotropicales se localizan en ríos y estuarios de la costa del Pacífico. Considerando que el número de especies de decápodos en el país se incrementó en 21.2% en sólo 15 años (Villalobos-Hiriart *et al.* 1993, Villalobos-Hiriart y Álvarez 2008), es probable que aún existan más especies por registrar en la entidad.

Clase Insecta

Los insectos son el grupo mejor constituido en el mundo, con más de un millón de especies (Grimaldi y Engel 2005); no obstante, esta cifra significa sólo una fracción de lo que existe, ya que aún faltan muchas especies por conocer.

Este grupo, por ser el único en tener representantes alados, ha podido colonizar gran diversidad de hábitats, tanto terrestres como acuáticos; sin embargo, se trata de un grupo sobre todo terrestre; menos de 5% de todas las especies se pueden considerar acuáticas. De los 28 órdenes que componen la clase Insecta, 12 tienen características acuáticas. En la mayoría de los insectos dulceacuícolas sólo los estadios inmaduros son acuáticos, con excepción de los órdenes Hemiptera y Coleoptera, donde también los adultos pueden ser acuáticos. En cinco de estos 12 órdenes (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera y Trichoptera), todas las especies son acuáticas en su etapa inmadura (figuras 4 y 5).

FIGURA 4. Insecto de la familia Baetidae; todas las especies de este orden (Ephemeroptera) son acuáticas en su etapa inmadura. Foto: Frederico Falcão Salles.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Representantes del orden Trichoptera, familia Leptoceridae; en este orden sólo los estadios inmaduros son acuáticos. Foto: José Andrés Posada García.

Diversidad y distribución

Para México se conocen 3% de las especies de insectos acuáticos del mundo, y en Michoacán se reportan al menos 408 especies (cuadro 1). En el estado el grupo más diverso es el de los odonatos, con 138 especies (apéndice 38; veáse Libélulas, en esta obra), seguidos por los dípteros (122), coleópteros (51), tricópteros (51), hemípteros (24) y efemerópteros (12); los demás grupos están representados por menos de 10 especies (apéndice 37).

La alta diversidad de odonatos, con respecto a otros grupos, tiene que ver con el esfuerzo de muestreo y el interés de este grupo por los especialistas. De las 122 especies reportadas de dípteros, la mitad pertenece a las familias Culicidae y Simuliidae (apéndice 37). Los dípteros, coleópteros y tricópteros son los insectos más diversos en el mundo, y se esperaría, dado la diversidad de ambientes acuáticos en la entidad, tener mayor número de especies de estos grupos en el estado.

Clase Collembola

Los colémbolos son hexápodos (del griego *hexa*: seis y *podos*: patas) pequeños sin alas, que miden entre 0.25 mm y 10 mm de longitud. Tienen un apéndice en el abdomen, llamado fúrcula, que les permite brincar (Deharveng *et al.* 2008); se alimentan de hifas de hongos y material en descomposición; son organismos fundamentalmente terrestres, pero algunas especies pueden encontrarse en la superficie del agua, como es el caso de *Podura aquatica*, *Ballistura schoetti* y algunos representantes de la familia Sminthuridae, que tienen adaptaciones para desplazarse sobre el agua (Palacios-Vargas *et al.* 2000).

Diversidad y distribución

Se estima que en el mundo existen 103 especies vinculadas al medio acuático (Deharveng *et al.* 2008). En México se reportan 16 y en Michoacán se registra la presencia de una especie: *Sminthurides hyogramme* (Palacios-Vargas *et al.* 2000, CONABIO 2012). Cabe mencionar que los colémbolos terrestres han sido relativamente bien estudiados con respecto a las especies acuáticas (véase Estado del conocimiento de la diversidad de insectos (Hexapoda), en esta obra).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Los macroinvertebrados acuáticos tienen un papel importante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Controlan la productividad primaria (Huryn 1998), descomponen la hojarasca que proviene de zonas ribereñas, participando en la mineralización de la materia orgánica (Webster y Benfield 1986) y son fuente de alimentos para peces (Power 1990), aves (Gray 1993) y murciélagos (Sullivan *et al.* 1993); por otra parte, los langostinos y camarones de agua dulce, moluscos y algunas larvas de coleópteros, odonatos y adultos de hemípteros son consumidos en México (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 2004) y pueden ser fuente de ingreso sustancial para las poblaciones locales.

En el ámbito de la investigación biológica, el género *Dugesia* (Platyhelminthes y Turbellaria) es un excelente modelo de estudio para indagar procesos de regeneración celular para la aplicación con bioterapia celular (Saló *et al.* 2009).

En el sector salud varias especies de las familias Culicidae y Simuliidae (Diptera), son considerados una plaga para el ser humano; las larvas de mosquitos son acuáticas y son vectores de enfermedades graves, como el dengue, la fiebre amarilla, el paludismo, la oncocercosis o ceguera de río, la chikunguña y la fiebre de Zika (Alfaro-Toloza *et al.* 2015, Harwood y James 1993, Rodríguez-Morales 2015).

También son importantes algunos artrópodos acuáticos, como los ácaros y otros depredadores

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

como odonatos, hemípteros y coleópteros, en el control biológico de larvas y adultos de mosquitos (Fincke *et al.* 1997, Quiroz-Martínez y Rodríguez-Castro 2007).

Finalmente, los macroinvertebrados acuáticos y sobre todo las larvas de insectos, se utilizan como bioindicadores para evaluar el estado de calidad de los ambientes acuáticos (Mathuriau *et al.* 2011), lo que podría ser de gran utilidad en la entidad debido al estado de conservación de estos ambientes.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

En el mundo, son muy pocos los invertebrados dulceacuícolas que cuentan con un estatus de protección. En la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) de 2005, sólo 170 especies de insectos (0.1% de las especies descritas), 480 crustáceos (6%), 716 moluscos (10.2%), un anélido (0.1%) y un platelminto (0.1%) estaban incluidos en alguna categoría de riesgo (Strayer 2006).

Una especie de las registradas en Michoacán, *Macrobrachium acanthochirus* (Arthropoda, Malacostraca, Decapoda, Palaemonidae), presenta la categoría de vulnerable en la lista roja de UICN (De Grave *et al.* 2013).

Las demás especies de invertebrados de agua dulce que se registraron no están bajo ningún estatus especial de protección; sin embargo, existe una especie de libélula reportada en Los Azufres y que parece endémica del estado (véase Libélulas, en esta obra).

Los odonatos se caracterizan por su alto grado de endemismo, al igual que las especies de pseudotelfúsidos (cangrejos de río), de las cuales casi todas las especies reconocidas hasta ahora (96%) son endémicas del país, 38% se han encontrado en un solo sitio o están restringidas a un área relativamente pequeña, y cerca de 80% de las especies registradas se conocen para menos de cuatro localidades (Villalobos-Hiriart y Álvarez 2008).

En este contexto se considera que prácticamente todas las especies de pseudotelfúsidos deberían encontrarse bajo un estatus de conservación, pero la falta de información básica sobre dichas especies impide su incorporación a la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Villalobos-Hiriart y Álvarez 2008).

Estudios recientes muestran que el isópodo *H. azteca*, especie cosmopolita, puede conformar un complejo de especies cuya distribución podría estar restringida a áreas más pequeñas (Witt y Hebert 2000), lo que es posible incrementaría el número de especies endémicas para este grupo.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Tanto en Michoacán como en el resto del país, la comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas está muy expuesta a diversas amenazas, dada su necesidad de permanecer o estar en contacto con el agua y a su reducida movilidad.

Una de las principales amenazas es la contaminación del agua. Un estudio realizado en la cuenca de Cuitzeo mostró una pérdida de más de 80% de la riqueza de macroinvertebrados en los ríos Chiquito y Grande al pasar por la ciudad de Morelia (Mathuriau *et al.* 2010). Muchos otros ríos del estado sufren deterioro por las actividades humanas y no existe infraestructura ni voluntad por parte de las autoridades estatales para remediar esa situación (véase Contaminación de cuerpos de agua, en esta obra).

Otro impacto importante es la fragmentación del paisaje y de los corredores riparios (la vegetación arbolada a la orilla de los cuerpos de agua), que cumplen funciones como reducción del aporte de nutrientes a los ríos, estabilización de riberas, control del movimiento de materiales sólidos en el cauce y, además, ser fuente de alimento para los ecosistemas acuáticos (Webster y Benfield 1986). La construcción de hidroeléctricas o presas representa una amenaza importante para la comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas, ya que las presas alteran la conectividad longitudinal de los ríos; por ejemplo, muchas especies de camarones que tienen que migrar durante su ciclo de vida se quedan atrapadas en las presas y no pueden completar su ciclo (Benstead *et al.* 1999). También, al abrir las compuertas de las presas se libera gran cantidad de sedimentos que puede afectar la comunidad de macroinvertebrados. De igual forma, la alteración del flujo puede afectar el desarrollo de las especies que viven aguas abajo.

Finalmente, la introducción de especies exóticas de invertebrados dulceacuícolas puede alterar, a largo plazo, la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Strayer 2010), un ejemplo es la introducción del gasterópodo *Melanoides tuberculada* (Thiaridae), el cual ha invadido prácticamente todos los cuerpos de agua dulce de la costa michoacana y de Jalisco, modificando la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Mathuriau *et al.* 2011).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Para conservar los macroinvertebrados dulceacuícolas, y en general la fauna acuática, es necesario considerarlos un componente clave del funcionamiento de los

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ecosistemas acuáticos e insertarlos en el manejo integral de cuencas.

Es importante tratar de conciliar la demanda constante de recursos hídricos para la población humana, la industria y la agricultura, con la necesidad de conservar los ecosistemas para que sigan proporcionando servicios, como suministro de agua, alimentos, zonas de recreación y control de inundación. Los invertebrados dulceacuícolas forman parte de esos servicios porque participan en el ciclo de los nutrientes, como controladores de la producción primaria y además como fuente de alimento para peces y otras especies terrestres, por ello se debe promover la gestión integral de cuencas con la incorporación de los ecosistemas acuáticos como eje central.

Asimismo, es importante promover el estudio de estos grupos para mejorar el conocimiento de sus comunidades y, finalmente, para elaborar programas de monitoreo comunitario, dando uso a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos y sumando la participación de la sociedad civil en la conservación de estos ambientes tan frágiles.

CONCLUSIONES

Se conoce poco sobre los macroinvertebrados dulceacuícolas del estado. Se han registrado 461 especies o morfoespecies (sin incluir Tardigrada, Gastrotricha, Rotifera y otros organismos microscópicos acuáticos), lo que representa cerca del 15% de lo que se conoce en el país.

Los únicos grupos relativamente bien conocidos son odonatos y decápodos, mientras que de otros se conocen pocas especies, tal es el caso de isópodos, anfípodos, plecópteros, efemerópteros y lepidópteros, así como grupos donde aún no se tienen reportadas especies en México o en el estado, como el caso de los bryozoarios y cnidarios, respectivamente.

Los registros se distribuyen principalmente en el Sistema Volcánico Transversal, se tiene poca información sobre las especies presentes en la Llanura Costera, la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, y también muy pocos registros en la Altiplanicie; sin embargo, las últimas aportaciones al conocimiento de los macroinvertebrados dulceacuícolas ha permitido incrementar en casi el doble el número de especies con hábitos acuáticos conocidas para Michoacán, con respecto al censo realizado en 2005 (Villaseñor-Gómez 2005). Lo anterior evidencia que una mayor prospección de diferentes ambientes acuáticos permitiría incrementar la diversidad de este grupo en el estado.

REFERENCIAS

Adler, P.H. y R.W. Crosskey. 2014. World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory (2014). En: *<http://www.clemson.edu/cafls/departments/esps/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf>,* última consulta: 11 de enero de 2015.

Alfaro-Toloza, P., D.E. Clouet-Huerta y A.J. Rodríguez-Morales. 2015. Chikungunya, the emerging migratory rheumatism. *Lancet Infectious Diseases* 15:510-512.

Alonso-EguíaLis, P., L. González-Valencia, C. Estrada Carbajal y M.A. Rocha Mendoza. 2011. La fauna de macroinvertebrados bentónicos del lago de Pátzcuaro y su uso como indicadores del estado de salud e integridad del hidrosistema. En: *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aporte en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable*. R.I. Huerto Delgadillo, S. Vargas Velázquez y C.F. Ortiz Paniagua (eds.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua/Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)/UMSNH, México, pp. 157-190.

Andersen, T., A. Contreras Atilano-Ramos y M. Spies. 2000. Chironomidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 582-591.

Arce-Pérez, R. y M.A. Jäch. 2004. Sinopsis of the family Hydraenidae (Coleoptera: Staphilinoidea) from México. *Folia Entomológica Mexicana* 43(2):237-247.

Arce-Pérez, R. y M.A. Morón. 2011. Sinopsis de los Hydrophiloidea de México (Coleoptera: Hydrophilidae, Helophoridae, Epimetopidae, Georissidae e Hydrochidae), con una clave para la identificación de los géneros. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(2):491-514.

Baumann, R.W. y B.C. Kondratieff. 1996. Plecoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, A.N. García Aldrete y E. González Soriano (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 169-174.

Beaumont, A. y P. Cassier. 1981. *Biologie animale: des protozoaires aux métazoaires epithelioneuriens*. Vol. 1. Dunod Université, París.

——. 1983. *Biologie animale: des protozoaires aux métazoaires epithelioneuriens*. Vol. 2. Dunod Université, París.

Benazzi, M. 1972. Notizie preliminari sulle planarie raccolte nella seconda spedizione Lincea in Messico. *Accademia Nazionale dei Lincei* 52:403-405.

Benstead, J.P., J.G. March, C.M. Pringle y F.N. Scatena. 1999. Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota. *Ecological Applications* 9(2):656-668.

Bogan, A.E. 2008. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:139-147.

Bond, J.G., M. Casas-Martínez, H. Quiroz-Martínez *et al.* 2014. Diversity of mosquitoes and the aquatic insects associated with their oviposition sites along the Pacific coast of Mexico. *Parasites & Vectors* 7:41-59.

Bowles, D.E. 2015. New distributional records for Neotropical spongillaflies (Neuroptera: Sisyridae). *Insecta Mundi* 0400:1-7.

Bueno-Soria, J. 2010. *Guía de identificación ilustrada de los géneros de larvas de insectos del orden Trichoptera de México*. Instituto de Biología-UNAM, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Bueno-Soria, J. y O.S. Flint. 1978. Catálogo sistemático de los tricópteros de México (Insecta: Trichoptera), con algunos registros de norte, centro y Sudamérica. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 49:189-218.

Casas-Martínez, M., A. Orozco Bonilla y J.G. Bond Compeán. 2012. *Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México. Instituto Nacional de Salud Pública.* Proyecto FE009. Informe final SNIB-CONABIO. Centro Regional de Investigación en Salud Pública, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB-CONABIO). CONABIO, México.

Contreras-Ramos, A. 2000*a*. Megaloptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (eds.). Vol. II. Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 355-362.

——. 2000*b*. *Megaloptera (Insecta: Neuropterida) de México.* Proyecto K022. Base de datos SNIB-CONABIO. Instituto de Biología-UNAM, México.

Contreras-Ramos, A. y J.K. Gelhaus. 2002. Tipulidae. En: J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 583-595.

Cook, D.R. 1974. Water mite genera and subgenera. *Memoirs of the American Entomological Institute* 21:1-860.

Coronado-Mercado, N.M. y R.M. Pérez-Munguía. 2009. Lista taxonómica de tricópteros (Insecta: Trichoptera) de los arroyos del sur del municipio de Morelia, Michoacán. *Biológicas* 11(1):139-143.

De Grave, S., F. Álvarez y J. Villalobos. 2013. *Macrobrachium acanthochirus*. The IUCN Red List of Threatened Species. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: 10 de noviembre de 2013.

Deharveng, L., C.A. D'Haese y A. Bedos. 2008. Global diversity of springtails (Collembola: Hexapoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:329-338.

De Moor, F.C. y V.D. Ivanov. 2008. Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:393-407.

Di Sabatino, A., H. Smit, R. Gerecke *et al.* 2008. Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia: Arachnida) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:303-315.

Dodds, W.K. 2002. *Freshwater ecology. Concepts and environmental applications.* Academic Press, EUA.

Drake, C.J. y F.C. Hottes. 1952. Concerning some mexicans Veliidae (Hemiptera). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 65:85-88.

Escalera-Gallardo, C., R. Moncayo Estrada, S. González Santoyo y A.L. Fuentes Farías. 2005. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado.* L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 147-150.

Fincke, O.M., S.P. Yanoviak y R.D. Hanschu. 1997. Predation by odonates depresses mosquito abundance. *Oecologia* 112:244-253.

Fochetti, R. y J.M. Tierno de Figueroa. 2008. Global diversity of stoneflies (Plecoptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1):365-377.

Goldschmidt, T. 2014. Zoologisches Institut, University of Karlsruhe, Karlsruhe, Germany. Comunicación personal, abril.

Gray, L.J. 1993. Response of insectivorous birds to emerging aquatic insects in riparian habitats of a tallgrass prairie stream. *The American Midland Naturalist* 129:288-300.

Grimaldi, D.A. y M.S. Engel. 2005. *The evolution of insects.* Cambridge University Press, Nueva York.

Harwood, R.F. y M.T. James. 1993. *Entomología médica y veterinaria.* Noriega Editores, México.

Hoffmann, A. y G. López-Campos. 2000. *Biodiversidad de los ácaros en México.* CONABIO/UNAM. Jiménez Ed., México.

Huryn, A.D. 1998. Ecosystem-level evidence for top-down and bottom-up control of production in a grassland stream system. *Oecologia* 115:173-183.

Ibáñez-Bernal, S. 2015. Profesor investigador, Instituto de Ecología, A.C. Comunicación personal, junio.

Ibáñez-Bernal, S., D. Strickman y C. Martínez-Campos. 1996*a*. Culicidae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, A.N. García Aldrete y E. González Soriano (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 591-602.

Ibáñez-Bernal, S., W.W. Wirth y H. Huerta-Jiménez. 1996*b*. Ceratopogonidae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, A.N. García Aldrete y E. González Soriano (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 567-577.

Jäch, M.A. 1998. Annotated check list of aquatic and riparian/littoral beetle families of the world (Coleoptera). En: *Water Beetles of China.* M.A. Jäch y L. Ji (eds.). Vol. II. Zoologisch-Botanische Gesellschaft in O¨sterreich and Wiener Coleopterologenverein, Viena, pp. 25-42.

Kuitert, L.C. 1942. Gerrinae in University of Kansas Collections. *University of Kansas Science Bulletin* 28(7):113-143.

Lamothe-Argumedo, R. 1968. Redescripción de *Temnocephala mexicana* Vayssiere, 1898, ectocomensal de crustáceos mexicanos. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 1:1-12.

Manconi, R. y R. Pronzato. 2008. Global diversity of sponges (Porifera: Spongillina) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:27-33.

Martin, P., E. Martínez-Ansemil, A. Pinder *et al.* 2008. Global diversity of oligochaetous clitellates (Oligochaeta: Clitellata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:117-127.

Mathuriau, C. y S. Herrejón Escutia. 2010. Insectos acuáticos de los ríos. En: *Atlas de la cuenca del lago Cuitzeo: análisis de su geografía entorno socioambiental.* S. Cram, L. Galicia e I. Israde-Alcántara (eds.). Instituto de Geografía-UNAM/UMSNH, Morelia, pp. 88-91.

Mathuriau, C., I. Israde-Alcántara, S. Herrejón Escutia y M. Maass Moreno. 2010. Evaluación de la calidad del agua de los ríos con bioindicadores. En: *Atlas de la cuenca del lago Cuitzeo: análisis de su geografía entorno socioambiental.* S. Cram, L. Galicia e I. Israde-Alcántara (eds.). Instituto de Geografía-UNAM/UMSNH, Morelia, pp. 210-213.

Mathuriau, C., N. Mercado-Silva, J. Lyons y L.M. Martínez-Rivera. 2011. Los peces y macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en México: estado actual y perspectivas. En: *Retos de la investigación del agua en México.* U. Oswald Spring (ed.). Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM/CONACYT, pp. 363-374.

McCafferty, W.P. 2011. New mexican and central american Ephemeroptera records, with first species checklists for Mexican states. *Transactions of the American Entomological Society* 137:317-327.

McCafferty, W.P. y C.R. Lugo-Ortiz. 1996. Ephemeroptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

J. Llorente Bousquets, A.N. García Aldrete y E. González Soriano (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 133-145.

Naranjo-García, E. y G. Meza-Meneses. 2000. Moluscos. En: *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores).* G. de la Lanza-Espino, S. Hernández-Pulido y J.L. Carbajal-Pérez (eds.). SEMARNAT/CONAGUA/Instituto de Biología-UNAM/Plaza y Valdés, México, pp. 309-404.

Oceguera-Figueroa, A. y V. León-Régagnon. 2014. Biodiversidad de sanguijuelas (Annelida: Euhirudinea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:183-189.

Palacios-Vargas, J.G., G. Castaño-Meneses y B.E. Mejía-Recamier. 2000. Collembola. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* Vol. II. J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 249-281.

Pérez-Goodwyn, P.J. 2006. Taxonomic revision of the subfamily Lethocerinae Lauck & Menke (Heteroptera: Belostomatidae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie A (Biologie)* 695:1-71.

Ponce, J.P. 2005. Insectos y arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado.* L.E. Villaseñor Gómez (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 90-94.

Power, M.E. 1990. Effects of fish in river food webs. *Science* 250:811-814.

Quiroz-Martínez, H. y A. Rodríguez-Castro. 2007. Aquatic insects as predators of mosquito larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:110-117.

Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino-Moreno. 2004. Los coleóptera comestibles de México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 75:149-183.

Randolph, R.P. y W.P. McCafferty. 2000. Mexican mayflies: inventory and additions (Ephemeroptera). *Annales de Limnologie* 36(2):113-121.

Rioja, E. 1940. Esponjas, hidrozoarios y biozoos del lago de Pátzcuaro. En: Prospecto biológico del lago de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 11:443-448.

——. 1942. Estudios hidrobiológicos. VI. Identidad de la *Ephydatia fluviatilis* del lago de Pátzcuaro con la var. *mexicana* Potts. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 12:123-124.

Rocha, A., L. Peralta y J. Alcócer. 2008. Anfípodos e isópodos de aguas epicontinentales de México. En: *Crustáceos de México: Estado actual de su conocimiento.* F. Álvarez y G.A. Rodríguez Almaraz (eds.). SEP/UANL, México, pp. 53-80.

Rocha-Ramírez, A., F. Álvarez, J. Alcócer *et al.* 2009. Lista anotada de los isópodos acuáticos epicontinentales de México (Crustacea: Isopoda). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(3):615-631.

Rodríguez-Morales, A.J. 2015. Zika: the new arbovirus threat for Latin America. *Journal of Infection in Developing Countries* 9(6):684-685.

Saló, E., J.F. Abril, T. Adell *et al.* 2009. Planarian regeneration: achievements and future directions after 20 years of research. *The International Journal of Developmental Biology* 53(8-10):1317-1327.

Santiago-Fragoso, S. y P.J. Spangler. 2000. Elmidae (Coleoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* Vol. II. J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 421-438.

Schockaert, E.R., M. Hooge, R. Sluys *et al.* 2008. Global diversity of free living flatworms (Platyhelminthes: Turbellaria) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:41-48.

Sket, B. y P. Trontelj. 2008. Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:129-137.

Smith, I.M., D.R. Cook y B.P. Smith. 2001. Water mites (Hydrachnida) and other arachnids. En: *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates.* J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.). Academic Press, California, pp. 551-659.

Solís, M.A. 1996. Pyraloidea (Lepidoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, A.N. García Aldrete y E. González Soriano (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 521-530.

Stark, B.P. y B.C. Kondratieff. 2004. Anacroneuria from Mexico and upper Mesoamerica (Plecoptera: Perlidae). *Monographs of the Western North American Naturalist* 2:1-64.

Strayer, D.L. 2006. Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society* 25:271-287.

——. 2010. Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* 55:152-174.

Strong, E.E., O. Gargominy, W.F. Ponder y P. Bouchet. 2008. Global diversity of gastropods (Gastropoda: Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:149-166.

Sullivan, C.M., C.B. Shiel, C.M. McAney y J.S. Fairley. 1993. Analysis of the diets of Leisler's *Nyctalus leisleri*, Daubenton's *Myotis daubentoni*, and Pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* bats in Ireland. *Journal of Zoology* 231(4):656-663.

Thompson, F.G. 2008. An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of Mexico and Central America. En: *<http://www.flmnh.ufl.edu/malacology/mexico-central_america_snail_checklist/>*, última consulta: 15 de julio de 2013.

Truxal, F.S. 1953. A revision of the genus *Buenoa* (Hemiptera: Notonectidae). *University of Kansas Science Bulletin* 35:1351-1517.

Väinölä, R., J.D.S. Witt, M. Grabowski *et al.* 2008. Global diversity of amphipods (Amphipoda: Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:241-255.

Villalobos-Hiriart, J.L. y F. Álvarez. 2008. Los cangrejos de agua dulce de la familia Pseudothelphusidae (Decapoda: Brachyura: Eubrachtura) de México, con un apéndice de las especies citadas para América hasta 2006. En: *Crustáceos de México: Estado actual de su conocimiento.* F. Álvarez y G.A. Rodríguez Almaraz (eds.). SEP/UANL. México, pp. 239-299.

Villalobos-Hiriart, J.L., F. Álvarez, C. Hernández *et al.* 2010. Crustáceos decápodos de las cuencas Copalita, Zimatán y Coyula, en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:99-111.

Villalobos-Hiriart, J.L., A.C. Díaz-Barriga y E. Lira-Fernández. 1993. Los crustáceos de agua dulce de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44:267-290.

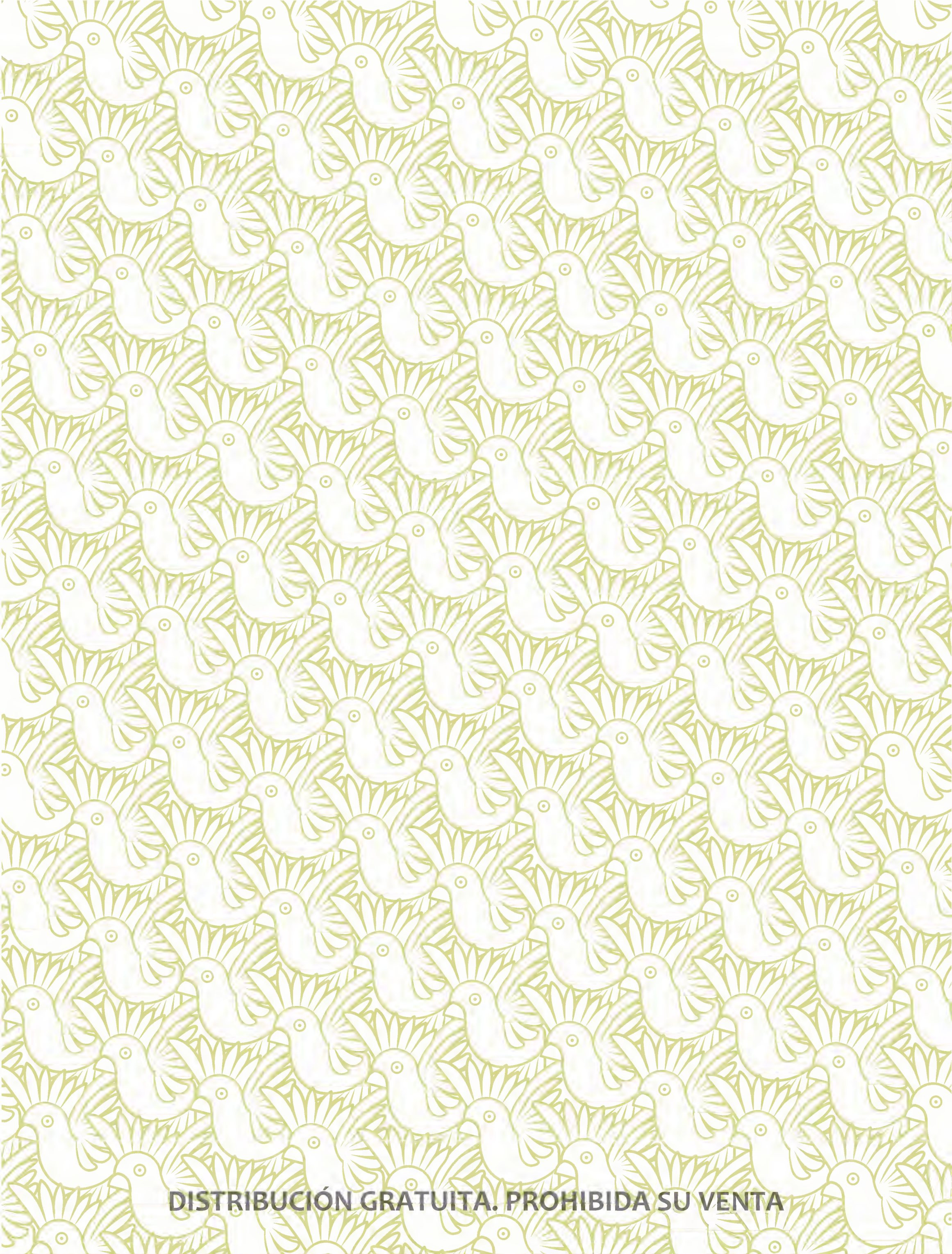
Villaseñor-Gómez, L.E. 2005. *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado.* CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

Webster, J.R. y E.F. Benfield. 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:567-594.

Wilson G., D.F. 2008. Global diversity of Isopod crustaceans (Crustacea: Isopoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:231-240.

Witt, J.D.S. y P.D.N. Hebert. 2000. Cryptic species diversity and evolution in the amphipod genus *Hyalella* within central glaciated North America: a molecular phylogenetic approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57(4):687-698.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Libélulas

RODOLFO NOVELO GUTIÉRREZ

INTRODUCCIÓN

Las libélulas o caballitos del diablo son insectos acuáticos pertenecientes al orden Odonata. Los odonatos son uno de los grupos de insectos voladores más antiguos que aún subsisten, cuyos ancestros se remontan a la era paleozoica, esto es, hace casi 300 millones de años (Silsby 2001). Su ciclo de vida transcurre en tres etapas: huevo, larva y adulto, siendo los dos primeros acuáticos y el último terrestre-aéreo, por esta razón se consideran insectos con desarrollo hemimetábolo. Su papel en la naturaleza es como depredadores; las larvas consumen cualquier organismo adecuado a su tamaño, como larvas de mosquitos, efímeras y escarabajos acuáticos, incluso llegan a ser caníbales. También, aunque con menor frecuencia consumen vertebrados como anfibios y peces pequeños, mientras que los adultos sólo consumen invertebrados, como cigarritas, escarabajos, mosquitos, chaquistes, jejenes, moscas y mariposas, entre muchos otros. De esta característica se desprende su importancia para el ser humano, ya que atacan infinidad de especies de insectos que son perjudiciales para la salud humana y los cultivos agrícolas (Corbet 1999).

DESCRIPCIÓN

Al igual que los demás insectos, las libélulas presentan el cuerpo dividido en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza contiene básicamente las partes bucales que emplean para su alimentación; las larvas poseen un labio retráctil que utilizan para atrapar presas y llevarlas a la boca, también en esta región se encuentran los órganos de los sentidos, tales como las antenas, los ojos compuestos y los ojos simples u ocelos, tanto en larvas como adultos (Suhling y Martens 2007).

Las libélulas destacan por poseer grandes ojos compuestos en estado adulto. En los adultos el tórax es robusto, ya que contiene la potente musculatura que mueve a los dos pares de alas membranosas bien desarrolladas que poseen, y a tres pares de patas que sólo les sirven para posarse y sujetar a sus presas; mientras que en las larvas los músculos torácicos sólo mueven los tres pares de patas.

El abdomen contiene las vísceras; en algunas larvas, al final del abdomen se encuentran láminas o sacos llamadas traqueobranquias o agallas (figura 1), que funcionan como órganos respiratorios dentro del agua, en tanto que las que carecen de ellas (figura 2), introducen el agua por la abertura anal, la cual baña a una red de tráqueas del recto que funcionan como branquias. En los adultos, el abdomen contiene también los apéndices copulatorios, en el macho, y los empleados para la oviposición, en la hembra (Dunkle 1989).

Novelo-Gutiérrez, R. 2019. Libélulas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 325-329.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Vista dorsal de la larva de *Hetaerina capitalis* (suborden Zygoptera, familia Calopterygidae); al final del abdomen se aprecian las traqueobranquias. Foto: Rodolfo Novelo-Gutiérrez.

FIGURA 2. Vista dorsal de la larva de *Erpetogomphus cophias* (suborden Anisoptera, familia Gomphidae); al final del abdomen se aprecian tres apéndices agudos que rodean la abertura anal. Foto: Rodolfo Novelo-Gutiérrez.

Las libélulas adultas exhiben un rango de talla muy amplio que va de 2 a 15 cm de longitud del cuerpo (Silsby 2001). De igual manera, la variación en colores y combinaciones de éstos sólo se equipara al de las mariposas y los peces.

DIVERSIDAD

Actualmente, se conocen 6300 especies en el mundo (Schorr y Paulson 2019), pero se calcula que pudiera haber alrededor de 7 mil especies (Kalkman *et al.* 2008) repartidas sobre todo en dos subórdenes: Zygoptera (figura 3) y Anisoptera (figura 4). Un tercer suborden, Anisozygoptera, se considera relictual y restringido a escasas localidades de la región oriental. En México se han registrado 355 especies de libélulas (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014).

En Michoacán el conocimiento de su odonatofauna ha crecido notablemente en los últimos años. González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (1996) hicieron un recuento de las especies de odonatos registradas para cada estado del país, lo que proporcionó la cifra de 38 especies para Michoacán. Posteriormente, Ponce (2005) reportó 59 especies, mientras que González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007) actualizaron la cifra a 54 especies. En un estudio basado en colectas sistemáticas, Novelo-Gutiérrez y Gómez-Anaya (2009) reportaron un total de 116 especies para ocho localidades situadas en un transecto altitudinal sobre la sierra de Coalcomán (cuadro 1), elevando la cifra a 138 especies en 52 géneros y nueve familias (apéndice 38; véase Estado del conocimiento de la diversidad de insectos (Hexapoda), en esta obra). En resumen, en un lapso de 17 años (1996-2013) ha habido un incremento neto de 270% en el conocimiento de las especies de odonatos para este estado.

Uno de los hallazgos más sobresalientes ha sido el del género *Ophiogomphus* y la descripción de *O. purepecha* (figura 5) de la localidad de Los Azufres (González-Soriano y Villeda-Callejas 2000). A la fecha, éste ha sido el primer y único registro del género para México y la especie es al parecer endémica de Michoacán. Otros hallazgos interesantes son las especies nue-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Macho adulto de *Argia extranea* (Zygoptera: Coenagrionidae). Foto: Rodolfo Novelo-Gutiérrez

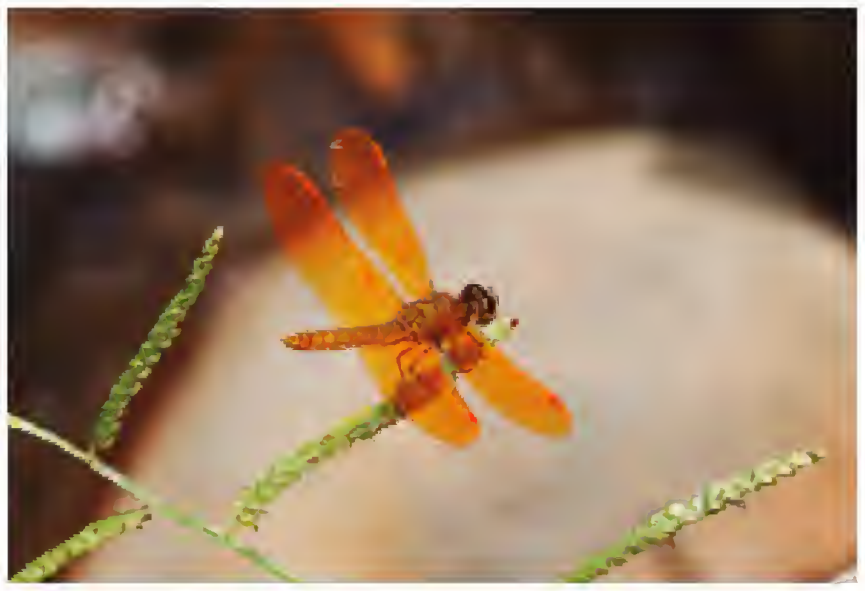


FIGURA 4. Macho adulto de *Perithemis intensa* (Anisoptera: Libellulidae). Foto: Rodolfo Novelo-Gutiérrez

CUADRO 1. Especies típicas de odonatos de la sierra de Coalcomán, por localidad.

Localidad	Municipio	Región fisiográfica	Número de especies	Ejemplos
Ticuiz	Coahuayana	Llanura Costera	66	*Hetaerina titia, Neoerythromma cultellatum, Telebasis levis, Anax junius, Brachymesia furcata, Tholymis citrina*
California	Apatzingán	Depresión del Balsas-Tepalcatepec	42	*Argia harknessi, Leptobasis candelaria, Gynacantha nervosa, Phyllocycla elongata, Cannaphila insularis, Micrathyria debilis*
Estanzuela	Aquila	Sierra Madre del Sur	38	*Argia mayi, Coryphaeschna diapyra, Erpetogomphus bothrops, Anatya guttata, Brechmorhoga nubecula, Orthemis levis*
Pinolapa	Tepalcatepec	Depresión del Balsas-Tepalcatepec	51	*Argia funcki, Enallagma semicirculare, Rhionaeschna psilus, Progomphus marcelae, Erythemis plebeja, Tramea abdominalis*
Villa Victoria	Chinicuila	Sierra Madre del Sur	50	*Mecistogaster ornata, Protoneura rojiza, Phyllogomphoides danieli, Progomphus mexicanus, Macrothemis inacuta, Pantala hymenaea*
Aguililla	Aguililla	Sierra Madre del Sur	40	*Palaemnema domina, Anax walsinghami, Phyllogomphoides luisi, Dythemis maya, Pseudoleon superbus, Tramea onusta*
Colorín	Chinicuila	Sierra Madre del Sur	28	*Argia lacrimans, Aeshna williamsoniana, Erpetogomphus cophias, Brechmorhoga tepeaca, Macrothemis ultima, Paltothemis cyanosoma*
Chichihua	Coalcomán	Sierra Madre del Sur	39	*Apanisagrion lais, Enallagma praevarum, Progomphus lambertoi, P. zonatus, Brechmorhoga rapax, Dythemis nigra*

Fuente: Novelo-Gutiérrez y Gómez-Anaya 2009.

vas descritas recientemente con material proveniente de varias localidades de la entidad, entre las que destacan *Progomphus marcelae,* en río Pinolapa, Tepalcatepec (Novelo-Gutiérrez 2007*a*); *Progomphus lambertoi,* en La Chichihua, Coalcomán (Novelo-Gutiérrez 2007*b*); *Telebasis levis,* en El Ticuiz, Coahuayana (Garrison 2009); y *Argia mayi,* en río Pinolapa, Tepalcatepec (González-Soriano 2012).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Macho adulto de *Ophiogomphus purepecha* (Anisoptera: Gomphidae). Foto: Rodolfo Novelo-Gutiérrez.

PANORAMA ACTUAL

En una primera evaluación del panorama predominante en la década de los noventa del siglo pasado, González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (1996) consideraron a Michoacán como un estado con poco conocimiento de su riqueza de odonatos por tener registros escasos provenientes de recolectas ocasionales, en comparación con otras entidades que habían sido intensamente exploradas (p.e. Veracruz) y otros en los que al menos algunas áreas o regiones también habían sido colectados con amplitud (como Hidalgo).

En la actualidad, siguiendo ese mismo criterio, Michoacán está dentro de los estados bien conocidos y se ubica en el cuarto lugar dentro de los 10 con más de 100 especies de odonatos (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007), sólo después de Veracruz, Chiapas y Oaxaca.

Sin embargo, es muy probable que Michoacán rebase la cifra de las 150 especies cuando se recolecte sistemáticamente en regiones importantes, como Tierra Caliente (p.e. en La Huacana) y se procese la información proveniente de áreas montañosas como la sierra de Arteaga (Novelo, datos sin publicar). Asimismo, por su colindancia con otras entidades de alta diversidad, como Jalisco y Guerrero, existe alta probabilidad de ocurrencia de al menos 23 especies más.

IMPORTANCIA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Las libélulas son un importante enlace trófico en las redes alimentarias por su papel como depredadores, con frecuencia se alimentan de insectos perjudiciales al ser humano, tales como los mosquitos de los géneros *Aedes* y *Anopheles*, que son transmisores de microorganismos causantes de la fiebre amarilla, el dengue y la malaria o paludismo. Por esta razón, aunque todavía no hay especies bajo alguna categoría de protección, es de suma importancia implementar medidas de conservación, mitigación y restauración de los diferentes hábitats acuáticos donde se desarrollan los huevos y larvas, así como también de la vegetación acuática y ribereña que emplean los adultos para ovipositar, descansar y refugiarse de sus depredadores.

CONCLUSIONES

Las regiones que ofrecen la mayor oportunidad para salvaguardar la riqueza de libélulas son las que van de Coalcomán a Coahuayana en particular, comprendidas en la provincia de la Sierra Madre del Sur (Novelo-Gutiérrez y Gómez-Anaya 2009), y en general en toda la parte montañosa de la cordillera del sur con sus cañadas en ambas vertientes y las tierras bajas que van hasta el litoral. Se ha

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

encontrado que las cañadas ofrecen hábitats que permiten la integración de asociaciones únicas de especies de libélulas, como el caso de la cañada El Colorín, cercana a la localidad de La Nuez en el municipio de Chinicuila (Novelo-Gutiérrez y Gómez-Anaya 2009). Por lo anterior, se recomienda la participación de las instituciones académicas, el gobierno y la población en general, para el desarrollo de programas de conservación sustentable de estos organismos en el estado.

AGRADECIMIENTO

Al M. en C. Enrique González Soriano por sus valiosas correcciones a la primera versión del manuscrito.

REFERENCIAS

Corbet, P.S. 1999. *Dragonflies. Behavior and ecology of Odonata*. Cornell University Press, EUA.

Dunkle, S.W. 1989. *Dragonflies of the Florida Peninsula, Bermuda and the Bahamas.* Scientific Publishers Nature Guide, EUA.

Garrison, R.W. 2009. A synopsis of the genus *Telebasis* (Odonata: Coenagrionidae). *International Journal of Odonatology* 12:1-121.

González-Soriano, E. 2012. *Argia mayi*, a new species from México (Zygoptera: Coenagrionidae). *Organisms Diversity & Evolution* 12:261-265.

González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 1996. Odonata. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM/CONABIO/Bayer, México, pp. 147-167.

——. 2007. Odonata of Mexico Revisited. En: *Odonata: Biology of Dragonflies.* B.K. Tyagi (ed.). Scientific Publishers, India, pp. 105-136.

——. 2014. Biodiversidad de Odonata en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.* 85:243-251.

González-Soriano, E. y M.P. Villeda-Callejas. 2000. *Ophiogomphus purepecha* spec. nov. from Mexico (Anisoptera: Gomphidae). *Odonatologica* 29(3):261-266.

Kalkman, V.J., V. Clausnitzer, K-D.B. Dijkstra *et al.* 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:351-363.

Novelo-Gutiérrez, R. 2007*a*. *Progomphus marcelae* spec. nov. from Western Mexico (Anisoptera: Gomphidae). *Odonatologica* 36:79-84.

——. 2007*b*. *Progomphus lambertoi* (Odonata: Anisoptera: Gomphidae) a new species from Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 109:791-797.

Novelo-Gutiérrez, R. y J.A. Gómez-Anaya. 2009. A comparative study of Odonata (Insecta) assemblages along an altitudinal gradient in the sierra de Coalcomán mountains, Michoacán, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 18:679-698.

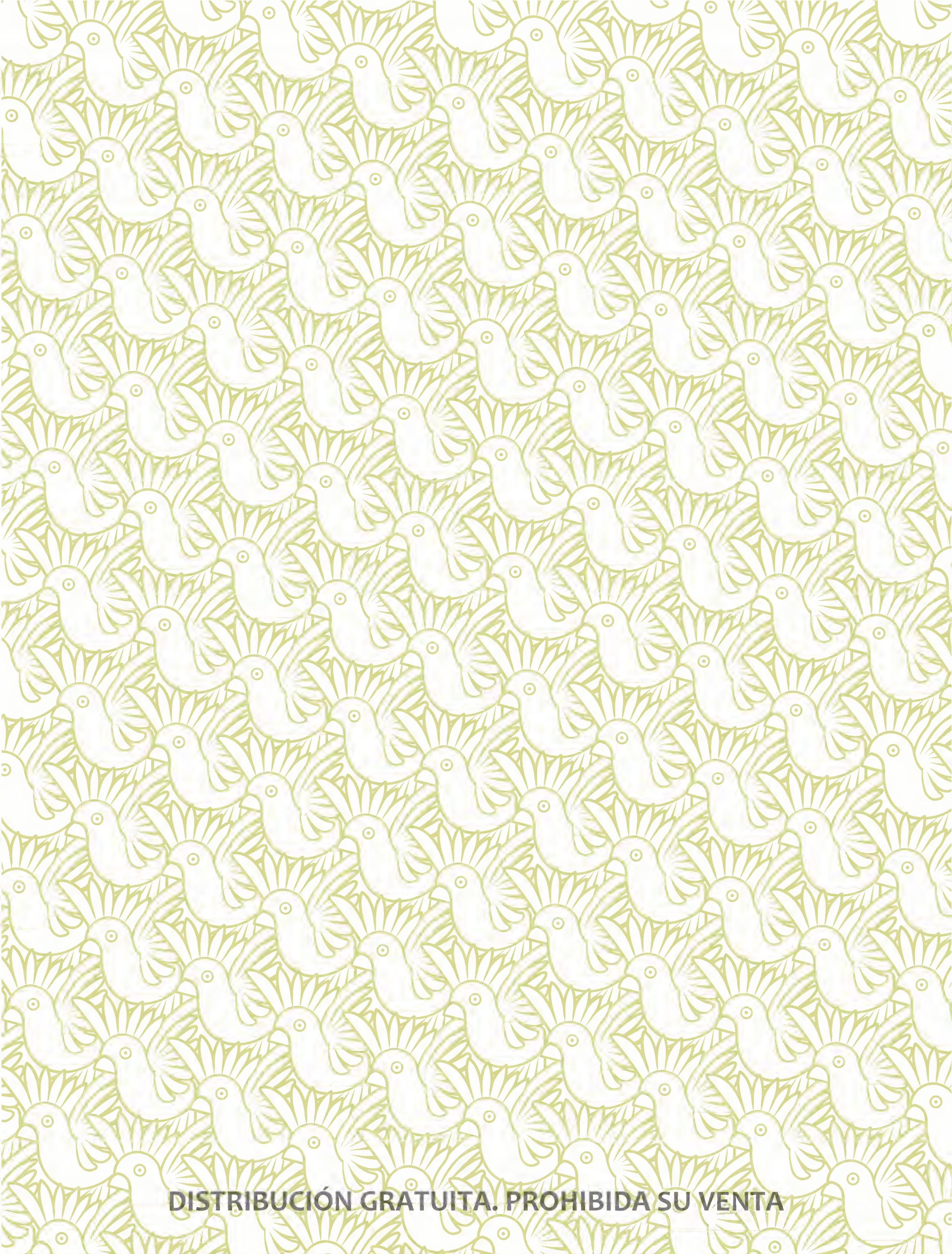
Ponce, J.P. 2005. Insectos y arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado.* L.E. Villaseñor Gómez (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 90-94.

Schorr, M. y D.R. Paulson. 2019. World Odonata List. En: *<http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonata-list/>,* última consulta: 23 de enero de 2019.

Silsby, J.D. 2001. *Dragonflies of the world.* CSIRO Publishing, Australia.

Suhling, F. y A. Martens. 2007. *Dragonflies and Damselflies of Namibia*. Gamsberg Macmillan Publishers, Namibia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Escarabajos acuáticos (Hydradephaga)

ROBERTO ARCE PÉREZ Y MIGUEL ÁNGEL MORÓN RÍOS

Los coleópteros forman el grupo más numeroso y diversificado de la clase Insecta y han tenido gran éxito al colonizar casi todos los ambientes terrestres; en el medio acuático representan uno de los grupos más numerosos de insectos dulceacuícolas (Arnett y Thomas 2001). Entre los coleópteros del suborden Adephaga destaca el grupo ecológico formado por las familias Dytiscidae, Noteridae, Haliplidae, Gyrinidae, Amphizoidea, Pelobiidae, Meruidae y Aspidytidae conocido como los Hydradephaga debido a que sus larvas y adultos ocupan los ambientes acuáticos (Beutel y Leschen 2005).

DESCRIPCIÓN

Los hidradéfagos son, en su mayoría, excelentes nadadores gracias a su cuerpo altamente hidrodinámico que reduce la fricción con el agua y a sus patas medias y posteriores aplanadas a manera de remos y orladas con largas sedas nadadoras que les permiten perseguir rápidamente a sus presas. Su tamaño va de 0.8 a 50 mm, pueden ser de color uniforme o bicolores, con bandas longitudinales, punteados, manchados, o bien con bandas transversales; los colores dominantes son pardo oscuro, amarillo, amarillo-verdoso y rojo (Spangler 1982, Rouglhey 2001*a*, *b*, *c*; Beutel y Leschen 2005; figura 1).

DIVERSIDAD

En México este grupo está representado por las familias Dytiscidae, Noteridae, Haliplidae y Gyrinidae (figura 1). Su conocimiento se basa en trabajos regionales de EUA, revisiones para Norteamérica y México, y sólo en tres trabajos se hacen referencias específicas para México (Leech 1948, Clark 1862, Sharp 1882, 1887). En total se han registrado 36 géneros y 238 especies (Arce-Pérez y Roughley 1999). Hasta el momento no se conoce ningún inventario sobre los coleópteros hidradéfagos de Michoacán, pero se tienen registros de 15 géneros y 28 especies e infraespecies que representan 42 y 12%, respectivamente, del total nacional (Dugés 1901, Arce-Pérez y Roughley 1999, Vondel y Spangler 2008). El género mejor representado es *Laccophilus*, con 10 especies y cuatro infraespecies, seguido por Rhantus y Cybister, cada uno con dos especies, y los 12 restantes con una sola especie (apéndice 39). Esta cifra no revela una diversidad baja en comparación con otros estados, es evidencia de la falta de colectas y estudios faunísticos en todos los ambientes acuáticos característicos de la entidad. Es posible que cuando menos existan representantes de otras 105 especies que se han citado de los estados de Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Estado de México y Guerrero, además de otras hasta ahora no descubiertas para el centro del país.

Arce-Pérez, R. y M.A. Morón. 2019. Escarabajos acuáticos (Hydradephaga). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 331-334.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Vista dorsal de las familias de coleópteros Hydradephaga. Se muestra la forma hidrodinámica del cuerpo y las patas como remos para la natación: a) Dytiscidae, b) Noteridae, c) Haliplidae, d) Gyrinidae. Fotos: Roberto Arce.

DISTRIBUCIÓN

Las especies de coleópteros Hydradephaga son cosmopolitas, con numerosas especies en los charcos helados de las tundras y las regiones circumpolares, sin embargo, su mayor abundancia y distribución se localiza en las regiones tropicales del mundo. La gran mayoría viven dentro o a la orilla de los cuerpos de agua dulce y limpia, junto a hidrófitas y plantas vasculares, otros viven en aguas estancadas y algunos son comunes en microambientes, como el agua que se detiene en los tocones, huecos de los árboles, en las axilas de plantas como bromeliáceas y marantáceas, e incluso algunos viven en cavernas (Spangler 1982, 1986; Roughley 2001*a*, *b*, *c*; Roughley y Larson 2001). Arce-Pérez y Roughley (1999) actualizaron la información taxonómica y de distribución de las especies de Hydradephaga de México, y desde entonces es el único trabajo recopilatorio de este grupo de coleópteros acuáticos.

IMPORTANCIA

Los adultos y las larvas de *Dytiscus marginalis*, *Dineutus longimanus*, *Thermonectus circunscripta* y *Agabus* sp. (especies no registradas para el estado) han sido referidos como depredadores de larvas de mosquitos transmisores de enfermedades para los humanos, como el dengue, fiebre amarilla y malaria (Leech y Chandler 1956, Nelson 1977, Metcalf y Flint 1981, Santamarina 1987, Lundkvist *et al.* 2003). Asimismo, regulan poblaciones de otros invertebrados como crustáceos, insectos y protozoarios, además de formas juveniles de peces y anfibios, y sirven como alimento a peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos acuáticos y terrestres (Leech y Chandler 1956). Además, junto con otros grupos de insectos, se utilizan como indicadores de la calidad del agua (Ribera y Foster 1993, Alonso-EguíaLis *et al.* 2011). En muchos países de América, África, Asia y Oceanía algunas especies de coleópteros acuáticos se consumen como alimento, lo que se conoce como coleopterofagia. En México, los escarabajos de la familia Dytiscidae son los de mayor consumo, fundamentalmente de los géneros *Cybister* (consumidos en Michoacán), *Dytiscus*, *Laccophilus*, *Megadytes*, *Thermonectus* y *Rhantus*, y en la familia Noteridae el género *Suphisellus* (consumidos en Michoacán; Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 2004).

AMENAZAS

En todo el país la principal amenaza para los insectos acuáticos en general, y los coleópteros Hydradephaga, es la destrucción progresiva de la vegetación que reduce la capacidad de captación y retención del agua en la superficie del suelo; le siguen la modificación y destrucción de los cuerpos de agua, el desvío de las corrientes de ríos y arroyos, el entubamiento y almacenaje artificial para uso agrícola, ganadero y humano (Gómez-Anaya *et al.* 2004).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

En la actualidad no se puede precisar qué áreas necesitan ser atendidas con prontitud, ya que se carece de un inventario completo de los coleópteros hidradéfagos de la entidad, por lo que se sugiere conservar representan-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tes de todos los tipos de vegetación en las áreas naturales protegidas del estado y con esto la permanencia de los diferentes cuerpos de agua. Es además importante aplicar los reglamentos necesarios para disminuir o evitar la contaminación y eutrofización de los mismos. Ninguna de las especies se enlistan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), lo cual no significa que no existan especies o poblaciones en riesgo, ya que los ambientes en que se desarrollan están en constante peligro de alteración o desaparición.

CONCLUSIONES

Los coleópteros Hydradephaga tienen importancia médica, económica y ecológica, por lo que es necesario conservar las comunidades de estos insectos acuáticos. Además de proteger áreas naturales, es necesario pensar en diseñar corredores que permitan la comunicación entre las poblaciones de las reservas o parques naturales, no alterar o modificar los diferentes cuerpos de agua y no aplicar insecticidas cerca de ellos, no extraer grandes cantidades de agua, proteger la vegetación riparia, así como evitar el desvío de las corrientes de ríos y arroyos.

También es de gran importancia fomentar los esfuerzos en las instituciones de educación, de gobierno y en la población, sobre el estudio de este grupo y otros insectos acuáticos, su conservación y la elaboración de listados con representación taxonómica y geográfica, en donde se destaque la presencia de especies endémicas, además de proponer otras medidas para su protección.

AGRADECIMIENTOS

César Vicente Rojas Gómez (Instituto de Ecología, A.C.) colaboró en la edición de imágenes.

REFERENCIAS

Alonso-EguíaLis, P., L. González-Valencia, C. Estrada Carbajal y M.A. Rocha Mendoza. 2011. La fauna de macroinvertebrados bentónicos del lago de Pátzcuaro y su uso como indicadores del estado de salud e integridad del hidrosistema. En: *Estado ecosistémico del lago de Pátzcuaro: Aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable*. R. Hurtado Delgado, S. Vargas Velázquez y C.F. Ortiz Paniagua (eds.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua/UAEM/UMSNH, México, pp. 137-190.

Arce-Pérez, R. y R.E. Roughley. 1999. Lista anotada y claves para los Hydrapdephaga (Coleoptera: Adephaga: Dytiscidae, Noteridae, Haliplidae, Gyrinidae) de México. *Dugesiana* 6(2):69-104.

Arnett Jr. H.R. y M.C. Thomas. 2001. *American Beetles*. Volume 1. CRC Press, Florida.

Beutel, R.G. y R.A.B. Leschen (eds.). 2005. Handbuch der Zoologie Band IV Arthropoda: Insecta, Teilband 38 Coleoptera, Vol. 1. Walter de Gruyter, Berlín.

Clark, H. 1862. On the Mexican species of Hydropori. *The Annals and Magazine of Natural History* (Serie 3) 10(13):173-184.

Dugés, E. 1901. *Catálogo de la colección de coleópteros mexicanos del Museo Nacional*. Museo Nacional, México.

Gómez-Anaya, J.A., R. Novelo-Gutiérrez y R. Arce-Pérez. 2004. Estructura y composición de dos ensamblajes de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) de ambientes lóticos en Zimapán, Hidalgo, México. *Folia Entomológica Mexicana* 43(1):135-153.

Leech, H.B. 1948. Contributions toward a knowledge of the insect fauna of Lower California. núm. 11. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 24:375-484.

Leech, H.B. y H.P. Chandler. 1956. Aquatic Coleoptera. En: *Aquatic Insects of California*. R.L. Usinger (ed.). University of California Press, Berkeley, pp. 293-371.

Lundkvist, E., J. Landin, M. Jackson y C. Svensson. 2003. Diving beetles (Dytiscidae) as predators of mosquito larvae (Culicidae) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. *Bulletin of Entomological Research* 93:219-226.

Metcalf, L.C. y W.P. Flint. 1981. *Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control*. CECSA, México.

Nelson, F.R.S. 1977. Predation on mosquito larvae by beetles larvae, *Hydrophilus triangularis* and *Dytiscus marginalis*. *Mosquito News* 37(4):628-630.

Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino Moreno. 2004. Los Coleoptera comestibles de México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 75(1):149-183.

Ribera, I. y G.N. Foster. 1993. Uso de coleópteros acuáticos como indicadores biológicos (Coleoptera). *Elytron* VI (1992):61-75.

Roughley, R.E. 2001*a*. Family Gyrinidae. En: *American Beatles, vol. 1 (Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphylinifornia)*. R.A. Arnett y M.C. Thomas (eds.). CRC, Florida, pp. 133-137.

——. 2001*b*. Family Haliplidae. En: *American Beatles, vol. 1 (Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphylinifornia)*. R.A. Arnett y M.C. Thomas (eds.). CRC, Florida, pp. 138-143.

——. 2001*c*. Family Noteridae. En: *American Beatles, vol. 1 (Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphylinifornia)*. R.A. Arnett y M.C. Thomas (eds.). CRC, Florida, pp. 147-152.

Roughley, R.E. y D.J. Larson. 2001. Family Dytiscidae. En: *American Beatles, vol. 1 (Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphylinifornia)*. R.A. Arnett y M.C. Thomas (eds.). CRC, Florida, pp. 156-186.

Santamarina, A. 1987. Valoración de la capacidad depredadora del *Dineutes longimanus* Oliver, 1840. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 39:59-62.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sharp, D. 1882. Insecta Coleoptera, vol. 1, Part 2. En: *Biologia Centrali-Americana*. F.D. Godman y O. Salvin (eds.). Bernard Quaritch Limited, Londres, pp. 1-144.

——. 1887. Insecta Coleoptera, supplement, vol. 1, Part 2. En: *Biologia Centrali-Americana*. F.D. Godman y O. Salvin (eds.). Bernard Quaritch Limited, Londres, pp. 748-802.

Spangler, P.J. 1982. Coleoptera. En: *Aquatic Biota of Mexico, Central America and West Indies*. S.H. Hurlbert y A.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Villalobos-Figueroa (eds.). University of San Diego, California, pp. 323-395.

——. 1986. Insecta: Coleoptera. En: *Stygofauna Mundi*. L. Botosaneanu (ed.). E.J. Brill y W. Backhuys, Leiden, pp. 622-631.

Usinger, R.L. (ed.). 1956. *Aquatic insects of California*. University of California Press, Berkeley.

Vondel, B.J y P.J. Spangler. 2008. Revision of the Haliplidae of the Neotropical Region including Mexico (Coleoptera: Haliplidae). *Koleopterologische Rundschau* 78:69-199.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Estado del conocimiento de la diversidad de insectos (Hexapoda)

JAVIER PONCE SAAVEDRA Y MARÍA ELENA CASTILLO VÍCTOR

INTRODUCCIÓN

Los Hexapoda, que incluyen artrópodos como los insectos, colémbolos y dipluros, son el grupo de animales más diverso en el planeta, con más de un millón de especies descritas (organizadas dentro de 33 órdenes reconocidos) y con el mayor éxito evolutivo. Pueden encontrarse en casi todos los ambientes del planeta, aunque sólo un pequeño número de especies se ha adaptado a la vida en los océanos. Los insectos presentan todas las estrategias de vida conocidas para los animales, y son los de mayor abundancia en los ecosistemas, por lo tanto, se considera el grupo de mayor importancia en el soporte de las redes tróficas de las que forman parte.

DESCRIPCIÓN

Los insectos presentan un modelo corporal característico, con tres regiones: cabeza, tórax y abdomen, tres pares de patas, un par de antenas, mandíbulas y la mayoría presentan alas (Brusca y Brusca 2005). Dentro de este grupo se encuentran animales muy comunes, que difieren drásticamente en su morfología y estrategias de supervivencia.

Entre los órdenes mejor representados se encuentran las mariposas y las polillas del orden Lepidoptera, que son un grupo fácilmente reconocible por ser insectos alados con escamas que recubren y proporcionan color a sus alas (el polvillo que se queda entre los dedos cuando se tocan) y un aparato bucal en forma de un tubo que se enrolla en espiral (probóscide), que les permite obtener el néctar de las flores, su principal alimento.

El orden Hymenoptera (hormigas, avispas y abejas), es biológicamente uno de los grupos de insectos más interesantes debido a la compleja organización social que presentan algunos de sus integrantes. Por ejemplo, las hormigas, cuyas colonias están compuestas por diferentes grupos o castas (reina fértil, obrera infértil, soldados y machos, en determinadas épocas), cada una con tareas determinadas que les permiten una eficiente división del trabajo en la colonia (Fernández y Palacio 2006).

El orden Coleoptera (escarabajos, mariquitas, mayates y muchos otros nombres comunes) es el grupo de insectos más grande hasta ahora conocido (aproximadamente 40% de los insectos; Borror *et al.* 1989), es tal su diversidad que hay ejemplares que miden apenas 1 mm, hasta otros que alcanzan más de 10 cm. Sus hábitos y hábitat son también variables y se pueden encontrar en cualquier parte (Ponce 2005*b*).

Ponce-Saavedra, J. y Ma.E. Castillo-Víctor. 2019. Estado del conocimiento de la diversidad de insectos (Hexapoda). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 335-346.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los coleópteros son bien reconocibles por sus dos alas anteriores modificadas (endurecidas y llamadas élitros) que forman una especie de caja protectora para el cuerpo del animal adulto (Morón 2004). Las primeras fases de desarrollo la pasan en forma de larvas, con o sin patas, que en algunos casos son plagas de plantas económicamente importantes, como el maíz, frijol, papa, etc., por ejemplo, la gallina ciega o los gorgojos que infestan productos almacenados como granos, frutas secas, etcétera (Metcalf y Flint 1962).

Otro grupo de insectos muy conocido y abundante es el de las chinches (véase Estudio de caso. Conocimiento y diversidad de chinches (Insecta: Heteroptera), en esta obra), las moscas y mosquitos (Diptera) y las libélulas y caballitos del diablo (Odonata). Del resto de los grupos de insectos, como Blattaria, Neuroptera, Orthoptera, Siphonaptera, a pesar de tener gran abundancia y diversidad falta mucho trabajo específico por hacer. Por ejemplo, el estudio de los insectos acuáticos y sus asociaciones requiere contar con procedimientos eficaces de diagnóstico y monitoreo acerca de los efectos de contaminación y modificaciones provocadas por actividades humanas en ríos, manantiales y, en general, en los sistemas acuáticos lóticos.

DIVERSIDAD

En el mundo hay aproximadamente 165 mil especies de lepidópteros, 200 mil especies de himenópteros, 375 mil de coleópteros, 84 500 de hemípteros (chinches, chicharritas y pulgones), 150 mil de dípteros y 6 500 especies de odonatos (Hoell *et al.* 1998, Arnett 2000, Triplehorn *et al.* 2005). En México se ha reportado un total de 47 853 especies de insectos, lo que representa 5.23% del total mundial (SNIB-CONABIO 2014).

Para la elaboración del inventario de los insectos en Michoacán se hicieron revisiones bibliográficas (Balcázar 1988, Acuña 1990, 1991; Jurado y Ponce 1991, Arteaga 1991, Llorente-Bousquets *et al.* 1997, Luis-Martínez *et al.* 2003, Escalante 2006, González-Soriano y Novelo Gutiérrez 2007, Castillo 2008, Novelo-Gutiérrez y Gómez-Anaya 2009, Báez-Santacruz 2013), además de obtener información de diferentes bases de datos proporcionadas por la CONABIO, como las de coleópteros (Morón 1998, 2000; Navarrete-Heredia y Fierros-López 2000), himenópteros (González 1998, Luis-Martínez 2001), colémbolos (Palacios 1997), lepidópteros (De la Maza y De la Maza 1987, Luis-Martínez 2000) y los proyectos de CONABIO que se enfocan a los papiliónidos de Michoacán (Luis-Martínez 1998, Luis Martínez *et al.* 2000). También son referencia importante el *Atlas de los escarabajos de México* (Morón *et al.* 1997, Morón 2003); así como los especímenes que forman parte de la colección de insectos de la Facultad de Biología de la UMSNH (CIFBUM), ya que sirvieron para cotejar la determinación de las especies.

Además, se hizo uso de otros documentos de trabajo, como la lista electrónica de especies de mariposas del estado (base de datos de CIFBUM). Para tener un listado completo también se incluye información ya publicada en *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado* (Villaseñor 2005); en este esfuerzo se presentan actualizaciones de aquellos grupos en los que se ha realizado trabajo taxonómico reciente (Acosta Gutiérrez *et al.* 2007, Salinas-Gutiérrez *et al.* 2005). Adicionalmente, se incluye a Collembola como una clase distinta a Insecta, ello en función de que aún no hay consenso al respecto sobre su pertenencia al grupo de los insectos (Bitsch y Bitsch 2004).

En la entidad actualmente se registran 1 740 taxa de hexápodos distribuidos en 27 órdenes, de las cuales 412 se consideran morfoespecies (ND; cuadro 1; figura 1). Es importante mencionar que el cuadro 1 incluye una columna que reporta un número de especies previamente registradas (Villaseñor 2005) para algunos de los órdenes (Hymenoptera, Diptera, Neuroptera, Thysanoptera, Siphonaptera y Raphidioptera), esos datos se incluyeron sólo como referencia, ya que para la presente contribución no se tuvo acceso a los archivos que se citan como fuentes de dichos datos (base de datos 1996-2002 usada para elaborar los anexos 4.25-4.31 en Villaseñor 2005).

La clase Collembola está representada en Michoacán por tres órdenes, 10 familias y 19 especies (14 identificadas); mientras que para Insecta se presenta información para 24 órdenes, 243 familias y 1 713 especies (1 306 identificadas; apéndice 40, cuadro 1).

En lo concerniente a diversidad de especies, los lepidópteros son los mejor representados: cuentan con 15 familias y 747 especies (735 identificadas) registradas en todas las regiones fisiográficas incluidas en este trabajo; la familia Hesperiidae (hespéridos) contiene el mayor número de géneros y especies (cuadro 2) y la mariposa *Pyrgus oileus* es uno de los lepidópteros con mayor presencia en el estado.

El orden Coleoptera contiene 48 familias y 188 especies (76 identificadas, cuadro 3; véase Estudio de caso. Los Scarabaeoidae, en esta obra).

Los heterópteros (Hemiptera) se registran con 26 familias y 288 especies (240 identificadas), en donde destacan las familias Lygaeidae y Pentatomidae por su representatividad en el estado (cuadro 4). Para el orden Hymenoptera se reportan 177 especies (64 identificadas) en 37 familias, entre las que destacan las hormigas (Formicidae) y las abejas (Apidae) por su riqueza de especies (cuadro 5). En el caso del orden Diptera se registran 50 familias con 69 especies (nueve identificadas) en el estado (cuadro 6). El último orden que se considera bien representado es Odonata, con un total

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Familias, géneros y especies de Collembola e Insecta registradas. Se presentan el número de géneros y especies no determinadas (ND).

Clase	Órdenes	Familias	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND[1]	Total de taxa[2]	Especies (Villaseñor 2005)[3]
Collembola	Poduromorpha	5	9	2	11	2	13	
	Symphypleona	3	1	3	1	3	4	
	Entomobryomorpha	2	2		2		2	
Subtotal	**3**	**10**	**12**	**5**	**14**	**5**	**19**	**0**
Insecta	Lepidoptera	15	364	3	735	12	751	
	Hemiptera	26	183	7	240	48	290	
	Coleoptera	48	118	34	76	112	188	
	Hymenoptera	37	120	30	64	113	177	351
	Odonata	9	52		140	8	148	
	Diptera	50	23	45	9	60	69	119
	Orthoptera	10	18	6	14	12	26	
	Siphonaptera	5	9	2	15	2	18	27
	Neuroptera	6	3	5	2	6	8	39
	Dermaptera	4	2	3	2	3	5	
	Mecoptera	1	1	1	4		5	
	Megaloptera	2	2	2	3	2	5	
	Psocoptera	5		5		5	5	
	Homoptera	3		3		3	3	
	Isoptera	2	1	2		3	3	
	Thysanoptera	3	1	2	1	2	3	40
	Blattodea	2		2		2	2	
	Phthiraptera	2		2		2	2	
	Trichoptera	2	1	1	1	1	2	
	Ephemeroptera	1		1		1	1	
	Mantodea	1		1		1	1	
	Phasmida	1		1		1	1	
	Raphidioptera	1		1		1	1	2
	Zygentoma	1		1		1	1	
	No determinado	6		6		6	6	
Subtotal	**24**	**243**	**898**	**166**	**1 306**	**407**	**1 721**	**578**
Total	**27**	**253**	**910**	**171**	**1 320**	**412**	**1 740**	**578**

[1]Para evitar una sobreestimación errónea de la diversidad, aquellos registros que están determinados sólo a familia, siendo ésta la misma familia, se considera como un solo registro con un solo género No determinado (ND) y por consiguiente una sola especie no determinada. Por ejemplo: se tienen 15 registros identificados hasta familia (Acrididae) para diferentes municipios; se consideran todos los registros en cuanto a su distribución, pero en el conteo de taxones se considera como una familia, con un género y una especie (no determinados), puesto que no se sabe si es o no el mismo género y por tanto la misma especie o no. Se aplica el mismo criterio para los géneros y especies, excepto en aquellos registros en que las especies no determinadas para un mismo género son diferenciadas como sp1, sp2, sp3, etcétera (en géneros de Formicidae). [2]Estos conteos incluyen infraespecies. [3]Reportadas por Ponce 2005*a* y Villaseñor 2005. Se incluyen las especies reportadas para ciertos grupos en el primer Estudio de Estado. El número de especies es superior al reportado aquí. Para evitar una sobreestimación de número de especies, estos registros no fueron considerados en el conteo final de especies, puesto que no se tuvo acceso a todas las bases de datos.
Fuente: elaboración propia con datos de Villaseñor 2005, CIFBUM 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

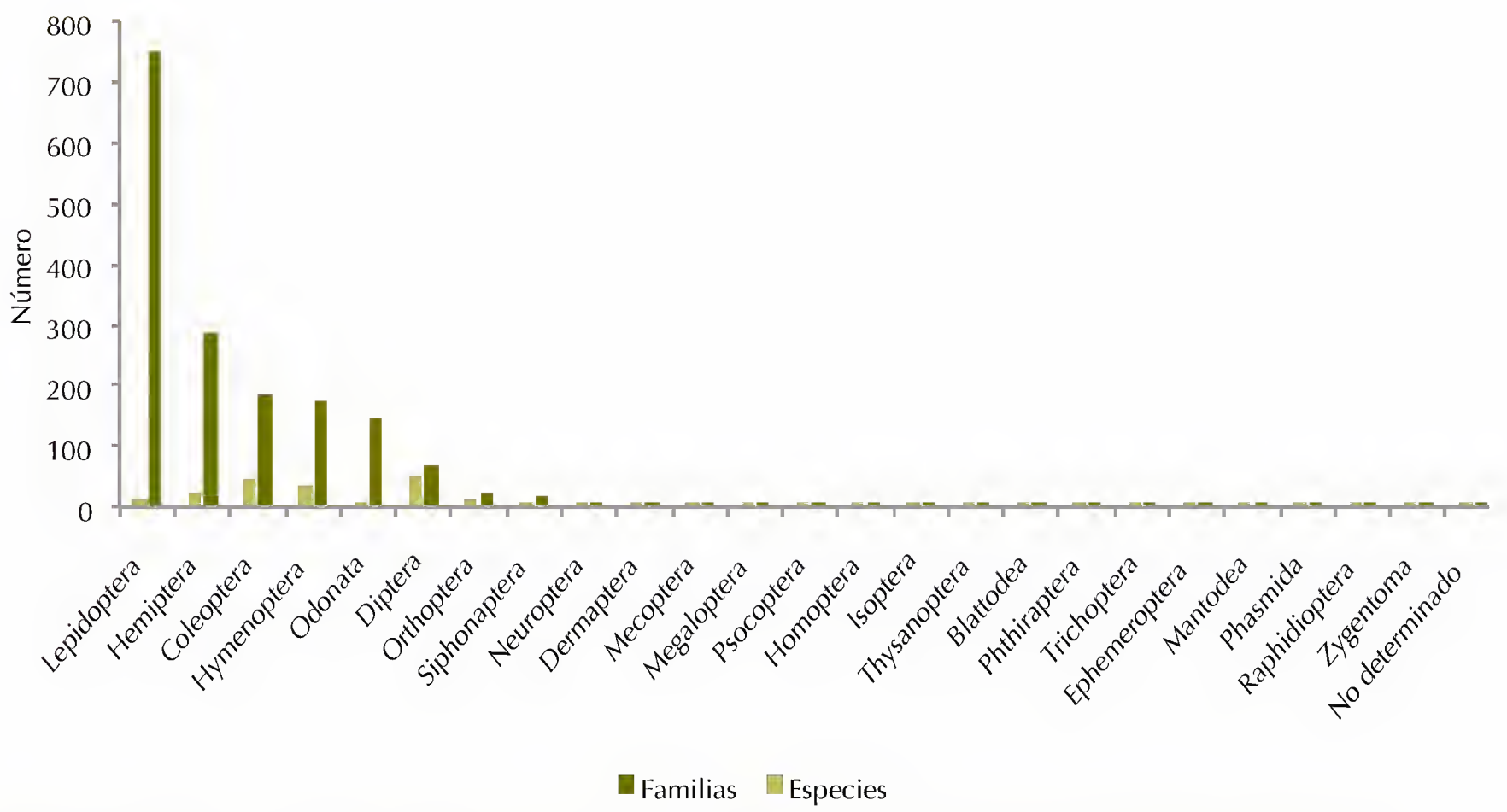


FIGURA 1. Número de familias y especies, por orden de insectos, representados en el estado. Se incluyen especies no determinadas. Fuente: elaboración propia con datos de Villaseñor 2005, CIFBUM 2014.

CUADRO 2. Géneros, especies y subespecies de mariposas (Lepidoptera).

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND	Subespecies
Arctiidae	14	1	16	1	
Gelechiidae	1		1		
Gracillariidae	1		1		
Hesperiidae	135		279	9	54
Megalopygidae	1		1		
Noctuidae	4		4		
Pyralidae	2		2		
Saturniidae	11	1	21	1	6
Sphingidae	9	1	19	1	
Tortricidae	1		2		
Superfamilia: Papilionoidea					
Lycaenidae	53		113		4
Nymphalidae	74		162		117
Papilionidae	8		27		21
Pieridae	28		45		33
Riodinidae	22		42		16
Total	**364**	**3**	**735**	**12**	**251**

ND: no determinado.

Fuente: elaboración propia con datos de Castillo 2008, CIFBUM 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Géneros y especies de Coleoptera.

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND
Anobiidae		1		1
Anthicidae	1	1		2
Anthribidae		1		1
Bostrichidae	1		1	
Brentidae	1		3	1
Bruchidae	8	1	12	2
Buprestidae	1	1	1	1
Cantharidae	2	1		3
Carabidae	5	1	2	4
Cerambycidae	4	1		5
Chrysomelidae	27		18	20
Cicindellidae		1		1
Cleridae	1	1	1	1
Coccinellidae	10	1	8	8
Corylophidae	1			1
Cucujidae	3	1	3	2
Curculionidae	16	1	3	16
Dermestidae	1			1
Dryophthoridae	1		1	
Dryopidae		1		1
Dytiscidae		1		1
Elateridae	1	1		2
Endomychidae		1		1
Histeridae	2			2
Lagriidae		1		1
Lampyridae	1	1		2
Languriidae	1	1	1	1
Lathridiidae	1			1
Leiodidae		1		1
Lycidae	1		1	1
Meloidae	4	1	1	5
Melyridae	4		2	2
Mordellidae	1	1		2
Mycetophagidae	1		1	
Nitidulidae	2	1	2	1
Oedemeridae		1		1
Pedilidae		1		1
Phalacridae	1			1
Pselaphidae		1		1
Rhizophagidae		1		1
Rhysodidae	1			1
Scolytidae	2	1	2	2
Scydmaenidae		1		1
Silphidae	3		5	
Sphaeriidae		1		1
Staphylinidae	4	1	4	3
Telegeusidae		1		1
Tenebrionidae	5	1	4	4
Total	**118**	**34**	**76**	**112**

ND: no determinado.
Fuente: elaboración propia con datos de Villaseñor 2005, CIFBUM 2014.

de 148 especies (140 identificadas) en 9 familias (cuadro 7), donde destacan Libellulidae y Coenagrionidae por su riqueza de especies; ejemplares del género *Argia* son comunes alrededor de grandes cuerpos de agua (véase Libélulas, en esta obra).

El resto de los órdenes registrados (18) presentan menos de 30 especies (apéndice 40). El cuadro 1 incluye una columna con el encabezado "Especies (Villaseñor 2005)" para los grupos: Hymenoptera, Diptera, Siphonaptera, Neuroptera, Thysanoptera y Raphidioptera, cuyo número es mayor al reportado para estos grupos en el presente trabajo; sin embargo, estas especies no se consideraron en el conteo total de cada orden, puesto que no se cuenta con sus listados correspondientes. Es importante señalar que el número de especies que se reporta en esta obra, para cada orden, corresponde a registros de los que se tiene distribución y fuente, y cuyos nombres aparecen en el apéndice 40.

Aproximadamente 24% (412) del total de las especies reportadas se identificaron sólo a nivel genérico o de familia (cuadro 1), por lo que en los cuadros y anexos se consideran con una sola especie (marcados como ND en el apéndice correspondiente). Es de esperar que al identificarse este material aumentará en mucho el conocimiento de los grupos poco estudiados.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Número de géneros y especies de chinches (Hemiptera: Heteroptera).

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND
Aleyrodidae		1		1
Alydidae	7		8	
Anthocoridae	2		3	
Aphididae		1		1
Berytidae	3		6	
Ceratocombidae	1		1	
Cicadellidae		1		1
Cixiidae		1		1
Coccidae		1		1
Coreidae	22		38	2
Cydnidae	8		11	2
Enicocephalidae	1		1	
Largidae	3		4	1
Lygaeidae	39		68	4
Miridae	20		3	17
Nabidae	4		4	
Pentatomidae	35		63	
Phylloxeridae		1		1
Piesmatidae	1		1	
Psyllidae		1		1
Pyrrhocoridae	1		2	
Reduviidae	15		13	5
Rhopalidae	5		6	1
Scutelleridae	5		4	1
Thyreocoridae	2		1	1
Tingidae	9		3	7
Total	**183**	**7**	**240**	**48**

ND: no determinado.
Fuente: elaboración propia con datos de Báez-Santacruz 2011, 2013, CIFBUM 2014.

CUADRO 5. Familias, géneros y especies del orden Hymenoptera registradas.

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND	Especies (Villaseñor 2005)
Andrenidae	2	1	2	1	
Anthophoridae	1			1	
Aphelinidae	2			2	
Apidae	11	1	23	2	
Bethylidae	6			6	
Braconidae	5	1	5	1	9
Chalcididae	2	1	2	2	
Chrysididae	1	1		2	
Colletidae	1	1	1	1	
Crabronidae	1			1	
Cynipidae	1	1		2	
Diapriidae		1		1	
Dryinidae		1		1	
Encyrtidae		1		1	
Eulophidae	4	1		5	
Eupelmidae		1		1	
Eurytomidae		1		1	
Evaniidae		1		1	
Figitidae		1		1	
Formicidae	50		8	48	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 5. Continuación.

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND	Especies (Villaseñor 2005)
Halictidae		1		1	
Ichneumonidae	12	1	5	8	
Leucospidae	1		1		
Megachilidae	7	1	13	1	
Mutillidae		1		1	
Mymaridae		1		1	
Perilampidae		1		1	
Platygastridae	5	1	1	5	
Pompilidae	1	1		2	
Pteromalidae	2	1	1	2	
Scelionidae	4			4	
Scoliidae		1		1	
Sphecidae		1		1	
Tiphiidae		1		1	
Torymidae	1	1	2	1	
Vespidae		1		1	33
Xyphydriidae		1		1	
Total	**120**	**30**	**64**	**113**	

ND: no determinado.
Fuente: elaboración propia con base en CIFBUM 2014.

CUADRO 6. Número de géneros y especies de Diptera.

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND	Especies (Villaseñor 2005)*
Agromyzidae	2		1	1	
Anisopodidae		1		1	
Asilidae		1		1	
Bibionidae	1			1	
Bombyliidae		1		1	
Calliphoridae		1		1	
Cecidomyiidae	2	1	1	2	
Ceratopogonidae		1		1	4
Chaoboridae	1	1		2	
Chironomidae	4	1		5	
Chloropidae	2	1	2	1	
Conopidae		1		1	
Culicidae		1		1	46
Curtonotidae		1		1	
Cuterebridae		1		1	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Continuación.

Familia	Géneros	Géneros ND	Especies	Especies ND	Especies (Villaseñor 2005)*
Dixidae		1		1	
Dolichopodidae	2	1		3	
Drosophilidae		1		1	
Empididae		1		1	
Ephydridae		1		1	
Heleomyzidae		1		1	
Hybotidae	1			1	
Lauxaniidae		1		1	
Lonchaeidae		1		1	
Micropezidae		1		1	
Muscidae	1	1	1	1	
Mycetophilidae		1		1	
Mydidae		1		1	6
Otitidae		1		1	
Phoridae		1		1	
Piophilidae		1		1	
Pipunculidae		1		1	
Psychodidae		1		1	7
Ropalomeridae		1		1	
Sarcophagidae	1	1		2	
Scatopsidae		1		1	
Sciaridae		1		1	
Sciomyzidae		1		1	
Sepsidae	1	1		2	
Simuliidae		1		1	24
Sphaeroceridae		1		1	
Stratiomyidae		1		1	
Syrphidae	1	1	1	1	
Tabanidae		1		1	
Tachinidae	1			1	
Tanypezidae		1		1	
Tephritidae	2	1	2	2	12
Tipulidae		1		1	18
Ulidiidae	1		1		
Xylophagidae		1		1	
Total	**23**	**45**	**9**	**60**	

*Estas especies fueron reportadas en el primer Estudio de Estado, no aparecen en el apéndice y no se consideraron en el conteo final.
ND: no determinado.
Fuente: elaboración propia con base en CIFBUM 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 7. Número de géneros y especies de Odonata.

Familia	Géneros	Especies	Especies ND
Aeshnidae	8	17	
Calopterygidae	1	6	
Coenagrionidae	10	40	2
Cordulegastridae	1	1	
Gomphidae	6	18	1
Lestidae	2	2	
Libellulidae	22	54	5
Platystictidae	1	1	
Pseudostigmatidae	1	1	
Total	**52**	**140**	**8**

ND: no determinado
Fuente: Villaseñor 2005, CIFBUM 2014.

Finalmente, es preciso indicar que no hay información confiable sobre endemismos para el estado.

DISTRIBUCIÓN

Los insectos son cosmopolitas y se encuentran casi en cualquier lugar (Triplehorn *et al.* 2005). Los grupos más grandes se tienen registrados desde las zonas costeras hasta altas elevaciones de los diferentes sistemas montañosos que el estado presenta.

Las provincias fisiográficas Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Sistema Volcánico Transversal son las que presentan el mayor número de registros, con 606 y 1 261 taxa, respectivamente. En cambio, la provincia con menor número de registros es la Altiplanicie (216). Es de resaltar que en el Sistema Volcánico Transversal hay un registro elevado de colémbolos, en comparación con el resto de las provincias fisiográficas de la entidad (figura 2).

Con respecto a los insectos, como se aprecia en la figura 3, las mariposas (Lepidoptera) son el grupo mejor reportado y registrado en el estado, eso para todas las provincias fisiográficas, seguido de Hymenoptera y Hemiptera.

IMPORTANCIA

Debido a su pequeño tamaño o a sus hábitats particulares es difícil establecer una relación directa de los insectos con el ser humano, pero debe considerarse la importancia ecológica que tienen y las diversas interacciones en las que se encuentran involucrados. Cada vez es más evidente que su existencia es importante en la conservación de los ecosistemas que habitan y que pueden ser buenos indicadores sobre el efecto de las alteraciones ambientales, además que ayudan a prevenir daños mayores, incluso son herramienta para normar el manejo de las áreas no sujetas a producción y que sirven como hábitat natural de muchas poblaciones de insectos polinizadores necesarios para la producción agrícola (Ponce 2005*b*).

Por ejemplo, desde hace algunos años se ha reconocido la importancia de las mariposas como indicadores de perturbación ambiental, ya que son sensibles a las modificaciones en su ambiente (Llorente-Bousquets *et al.* 1996). Lo mismo puede aplicarse a otros insectos como los coleópteros (escarabajos y similares), himenópteros (abejas y avispas) y más recientemente a los hemípteros (chinches).

Su abundancia y riqueza específica, en todos los sistemas terrestres y acuáticos, fueron características poco favorables para utilizarlos como organismos indicadores de condiciones ambientales; sin embargo, poco a poco se han establecido como grupos importantes para el monitoreo ambiental debido a su alta diversidad específica, a su alto grado de especialización y, sobre todo, por las ventajas prácticas que dan para obtener información rápida y confiable sobre los cambios que ocurren en los ecosistemas, debido principalmente a su ciclo de vida corto, a que se trata de poblaciones grandes y a que habitan en casi todos los ambientes (Llorente-Bousquets *et al.* 1996). Los inventarios de estos insectos y los estudios posteriores sobre la estructura de sus comunidades darán valiosa información para el manejo de las áreas protegidas.

Actualmente, se reconoce que en la mayoría de los sistemas terrestres y acuáticos (de agua dulce), los insectos son el grupo soporte para su biodiversidad; sin embargo, aún falta mucho por conocer sobre cuáles son las especies y cómo participan en el flujo de energía y el mantenimiento de las poblaciones en cada sistema.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Es escasa la información respecto del estado de conservación de los insectos, lo que se sabe es que cada tipo particular de ecosistema soporta una comunidad de insectos distinta, y que el efecto de las modificaciones antropogénicas provoca cambios importantes en la estructura de estas comunidades (Báez-Santacruz 2013); para conservar a los insectos habría que diseñar políticas de conservación de los ecosistemas en que habitan.

En México, sólo tres especies se encuentran dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Una de ellas es la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) incluida en la categoría sujeta a pro-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

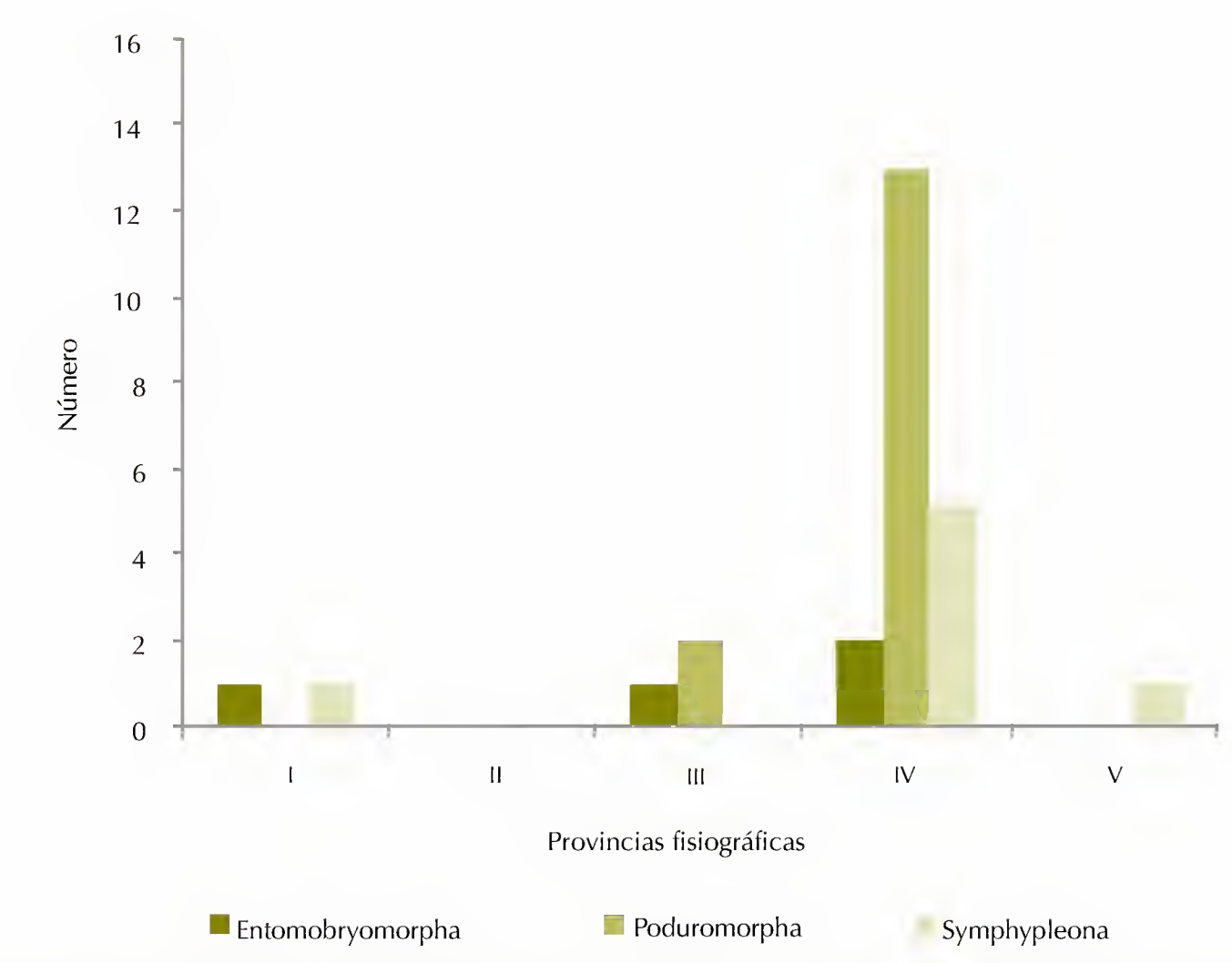


FIGURA 2. Registro de colémbolos, por provincias fisiográficas. I: Llanura Costera, II: Sierra Madre del Sur, III: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, IV: Sistema Volcánico Transversal, V: Altiplanicie. Fuente: elaboración propia con datos compilados en la presente contribución.

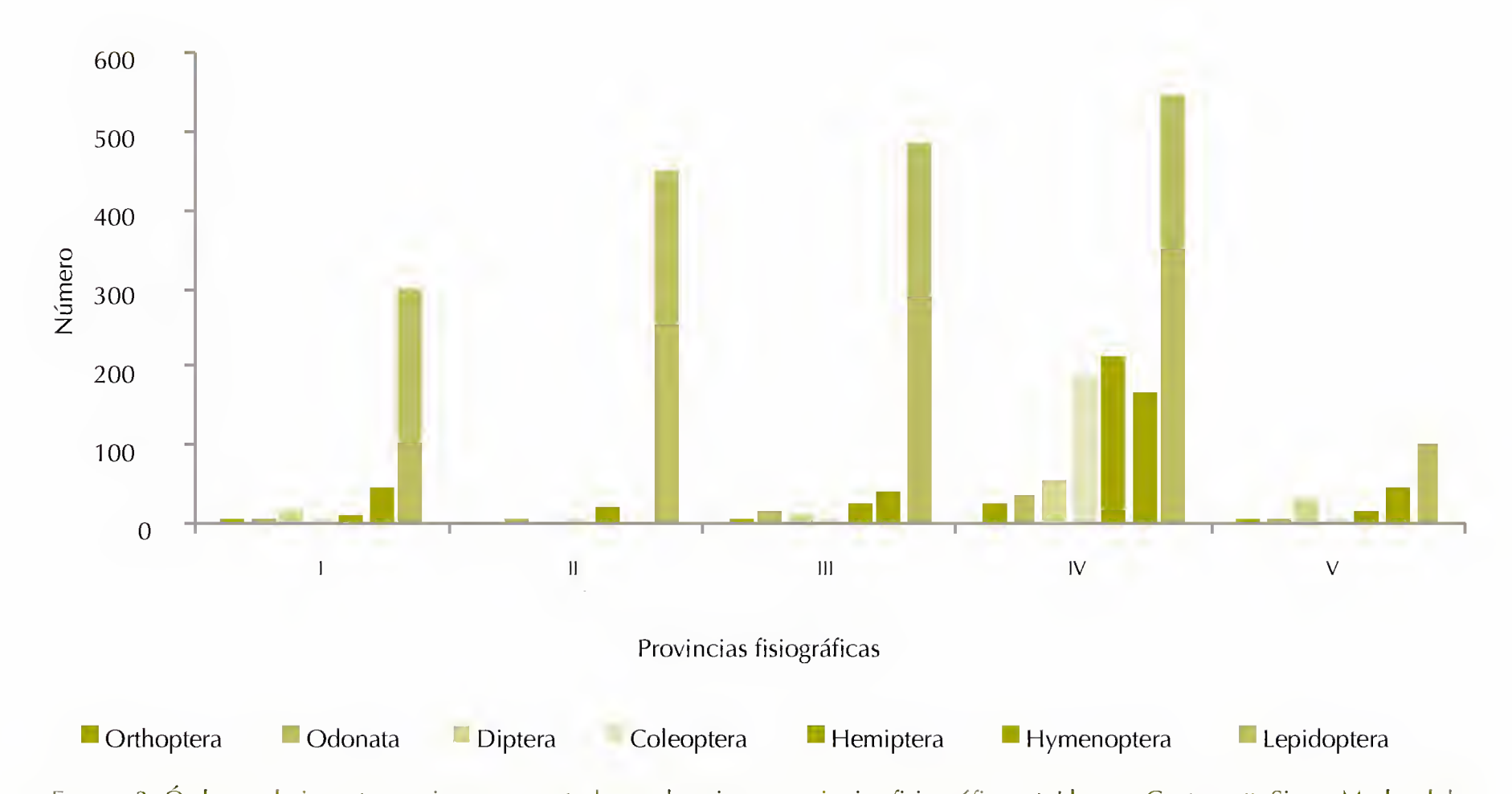


FIGURA 3. Órdenes de insectos mejor representados en las cinco provincias fisiográficas. I: Llanura Costera, II: Sierra Madre del Sur, III: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, IV: Sistema Volcánico Transversal, V: Altiplanicie. Fuente: elaboración propia con datos compilados en la presente contribución.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tección especial y cuyas espectaculares concentraciones invernales en los bosques de Michoacán y del Estado de México se encuentran en riesgo. Luna y Dumroese (2013) señalan entre las principales causas la pérdida de bosque en las zonas de hibernación y la pérdida de hábitat de las plantas de alimentación, conocidas comúnmente como algodoncillo (*Asclepia* sp.), sobre todo en Estados Unidos de América, debido al mayor uso de cultivos resistentes a los herbicidas y la conversión de tierras agrícolas.

Otras especies son la mosca *Brennania belkini* o tábano de las dunas, a la que se le considera en peligro de extinción, y otra mariposa de la familia Papilionidae (*Papilio esperanza*) conocida como llamadora, calificada con estatus de amenazada.

AMENAZAS

En la mayoría de las especies la destrucción del hábitat y el cambio de uso del suelo provoca pérdidas de poblaciones y modificaciones en la estructura de las mismas; y esto es la principal amenaza para la biodiversidad de los insectos. Por otro lado, las prácticas agrícolas y el abuso de los agroquímicos son otra clara fuente de disminución de la biodiversidad entomológica.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista entomológico, México es un territorio poco estudiado y con bajo conocimiento taxonómico y biogeográfico, con respecto a otros grupos de fauna nacional, quedando pendiente una gran labor por realizar. Aunque en los últimos años se han publicado algunos artículos de entomología, se necesitan especialistas en taxonomía que trabajen los diferentes grupos de insectos que habitan en el país y en particular en Michoacán. La carencia de estudios es el principal problema para entender y proponer estrategias de conservación adecuadas.

REFERENCIAS

Acuña, L.A. 1990. *Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del rancho El Jagüey, Gabriel Zamora, Michoacán.* UMSNH, Morelia.

Acosta Gutiérrez, R., J.E. Llorente Bousquets, L. León Paniagua y J.J. Morrone Lupi. 2007. Primera fase de actualización de la colección de Siphonaptera, Alfredo Barrera, del Museo de Zoología Alfonso Herrera. Bases de datos SNIB2010-CONABIO, proyectos CC003 y J123 Siphonapthera. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Arnett, R.H. 2000. *American insects: a handbook of the insects of America North of Mexico.* CRC Press, EUA.

Arteaga, G.L.E. 1991. *Aspectos de la distribución y fenología de los Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) de la cañada de Chorros del Varal, municipio de Los Reyes, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ayala, V.M. 2005. *Estudio faunístico de Coleoptera: Lamellicornia (Trogidae: Scarabaeidae) del gradiente altitudinal Santa Fe de la laguna Cerro Tzirate, municipio de Quiroga, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Baéz-Santacruz, J. 2011. *Hemiptera: Heteroptera de Las Flores, municipio de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2013. *Utilidad de las comunidades de Hemiptera: Heteroptera como indicadores de perturbación en bosque tropical caducifolio de la cuenca de Cuitzeo.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Michoacán.

Balcázar Lara, M.A. 1988. *Fauna de mariposas de Pedernales, municipio de Tacámbaro, Michoacán. Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 1991. *Sistemática y biogeografía del género Antheraea Hübner en Norteamérica (Lepidoptera: Saturniidae).* Tesis de maestría. UNAM, México.

——. 1999. Catálogo sistemático de las superfamilias Mimallonoidea y Bombycoidea de México. Base de datos SNIB2010-CONABIO, proyecto H021. Instituto de Biología-UNAM, México.

Bitsch, C. y J. Bitsch. 2004. Phylogenetic relationships of basal hexapods among the mandibulate arthropods: a cladistics analysis based on comparative morphological characters. *Zoologica Scripta* 33(6):511-550.

Borror, D., C. Triplehorn y N. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects.* Saunders College Publishing, EUA.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados.* McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Castillo V., M.E. 2008. *Catálogo de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) del estado de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Cruz, C.M.G. 2007. *Plagas rizófagas del maíz en la región de Coeneo, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

CIFBUM. Colección de Insectos de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2014. Base de datos de la colección de insectos de la CIFBUM, Michoacán.

De la Maza, R.R. y J. de la Maza E. 1987. *Mariposas mexicanas. Guía para su colecta y determinación.* FCE, México.

Díaz F., S. 1991. *Fluctuación poblacional de la entomofauna presente en trigo de temporal en La Posta, municipio de Tarímbaro, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Escalante J., A.L. 2006. *Diversidad y composición de las comunidades de hormigas en tres sitios ambientalmente contrastantes, en el municipio de Tarímbaro, Michoacán.* Tesis de maestría en conservación y manejo de recursos naturales. UMSNH, Morelia.

Fernández, F. y E.E. Palacio. 2006. Familia Formicidae. En: *Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical.* F. Fernández y M.J. Sharkey (eds.). Sociedad Colombiana de Entomología/Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Godínez R., R. 1988. *Estudio comparativo de la dinámica poblacional y evaluación de daños de las principales plagas del sorgo en condiciones de riego temporal en el municipio de Villamar, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

González H., A. 1998. *Inventario de Hymenoptera; parasítica en México.* Laboratorio de Entomología y Artrópodos. Departamento de Zoología de Invertebrados. Facultad de Ciencias Biológicas-UANL, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 2007. Odonata of Mexico revisited. En: *Odonata: Biology of Dragonflies*. B.K. Tyagi (ed.). Scientific Publishers, India, pp. 105-136.

Hoell, H.V., J.T. Doyen y A.H. Purcell. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. University Press, Oxford.

Jurado V., C.M. y J. Ponce S. 1991. Mariposas diurnas del estado de Michoacán. *Revista Universidad Michoacana* 2:37-53.

Jurado V., N.G. 1994. *Coleópteros de dos localidades de la rivera este del lago de Cuitzeo, Morelia, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Llorente-Bousquets, J., A. Luis-Martínez, I. Vargas-Fernández y J. Soberón-Mainero. 1996. Papilionoidea (Lepidoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente-Bousquets, A.N. García y E. Gonzáles. (eds.). UNAM, México, pp. 531-538.

Llorente-Bousquets, J., L. Oñate-Ocaña, A. Luis-Martínez e I. Vargas-Fernández. 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: distribución geográfica e ilustración*. CONABIO/Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Luis-Martínez, M.A. 1997. Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) del estado de Michoacán: Fase I. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto B150. UNAM, México.

——. 1998. Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) del estado de Michoacán: fase II. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto H209. UNAM, México.

——. 2001. Computarización de la colección de abejas (Hymenoptera: Apoidea) del Museo de Zoología, Alfonso L. Herrera, de la Facultad de Ciencias, UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto Q035. Museo de Zoología Alfonso L. Herrera. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Luis-Martinez, A., J. Llorente- Bousquets, I. Vargas-Fernández y A.L. Gutiérrez. 2000. *Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México*. Monografías Tercer Milenio, SEA, Zaragoza.

Luis-Martínez, M.A., J. Llorente-Bousquet e I. Vargas-Fernández. 2003. *Nymphalidae de México I (Danaidae, Apaturinae, Biblidinae y Heliconiinae): distribución geográfica e ilustración*. CONABIO/Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Luna, T. y R.K. Dumroese. 2013. Monarchs (*Danaus plexippus*) and milkweeds (*Asclepias* sp.). The current situation and methods for propagating Milkweeds. *Native plants* 14(1):5-15.

Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1962. *Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control*. McGraw-Hill Book Company, Inc. Nueva York.

Morón, M.A. 1999. Four new species of *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Melolonthidae, Melolonthinae) from southeastern México. *Coleopterists Bulletin* 53(4):377-387.

——. 2000. Twelve new species of *Phyllophaga* subgenus *Phytalus* (Coleoptera: Melolonthidae) from eastern and southern Mexico. *Journal Kansas Entomological Society* 73(1):36-61.

——. 2003. *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia, vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae*. Argania Editio, Barcelona.

——. 2004. *Escarabajos, 200 millones de años de evolución*. Instituto de Ecología, A.C./Sociedad Entomológica Aragonesa, Xalapa.

Morón, M.A., B. Ratcliffe y C. Deloya. 1997. *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. 1. Familia Melolonthidae*. CONABIO/Sociedad Mexicana de Entomología, A.C., México.

Morón, M.A. y J. Márquez. 2012. Nuevos registros estatales y nacionales de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) y comentarios sobre su distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(3):698-711.

Navarrete-Heredia, J.L. y H. Fierros-López. 2000. Silphidae (Coleoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II*. J. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO, México, pp. 401-412.

Navarrete-Heredia, J.L. 2009. *Silphidae (Coleoptera) de México: diversidad y distribución*. Proyecto CE022. CONABIO/Universidad de Guadalajara, Jalisco.

Novelo-Gutiérrez, R. y J.A. Gómez-Anaya. 2009. A comparative study of Odonata (Insecta), assemblages along an altitudinal gradient in the sierra de Coalcomán Mountains, Michoacán, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 18:679-698.

Palacios, J.G. 1997. Catálogo de colémbolos (Arthropoda: Hexapoda) de México. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto B063. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Pérez-Guzmán, V.M. 2010. *Insectos y arácnidos nocivos en la zona del meandro del río Lerma en La Piedad, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Pérez V., M.A. 2007. *Estudio faunístico de Coleoptera: Lamellicornia (Melolonthidae) del gradiente altitudinal Santa Fe de la laguna Cerro Tzirate, municipio de Quiroga, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ponce-Saavedra, J. 2005*a*. Insectos y arácnidos (Anexos). En: *La biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor (ed.) CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 90-94.

——. 2005*b*. Insectos y arácnidos. Inventario de Chorros del Varal, como parte del proyecto Sustentabilidad patrimonial de la cuenca del río Tepalcatepec.

——. 2010. *Inventario de insectos y arácnidos (Cupatitzio, Uruapan, Michoacán)*. Facultad de Biología-UMSNH, México.

——. 2009. Reporte técnico de ordenamiento ecológico territorial (OET) de Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Uruapan y Zinapécuaro. Facultad de Biología-UMSNH, México.

Salinas-Gutiérrez, J.I., A.D. Warren y A. Luis-Martínez. 2005. Hesperioidea (Lepidoptera: Rhopalocera) del occidente de México. *Folia Entomológica Méxicana* 44(3):305-320.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

SNIB-CONABIO. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2014. Biodiversidad mexicana. En: *<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html>*, última consulta: 4 de junio de 2014.

Tena, M.C.A. 1985. *Resistencia del maíz almacenado al ataque de insectos en una zona rural del valle de Tarímbaro, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Triplehorn, C.A., N.F. Johnson y D.J. Borror. 2005. *Borror and delong´s introduction to the study of insects*. Thomson, Brooks/Cole, California.

Villaseñor G., L.E. (ed.). 2005. *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Conocimiento y diversidad de chinches (Insecta: Heteroptera)

JEZABEL BÁEZ SANTACRUZ Y LUIS MANUEL CERVANTES PEREDO (†)

INTRODUCCIÓN

El orden Hemiptera comprende dos subórdenes: Homoptera y Heteroptera. Los integrantes de este orden presentan metamorfosis gradual, la mayoría con alas bien desarrolladas, tienen partes bucales de tipo picador-chupador que forman un pico largo (Borror *et al.* 1989). Los dos subórdenes son parecidos, pero difieren principalmente en la estructura de las alas anteriores (hemiélitros) y en la localización del pico (Slater y Baranowski 1978). La mayoría de los hemípteros se alimenta de plantas y ciertas especies llegan a ser plagas en cultivos agrícolas, mientras que algunos son depredadores de otros invertebrados; además, algunas especies son transmisoras de enfermedades a humanos (Borror y White 1970).

ANTECEDENTES

Aunque la diversidad de chinches (Hemiptera: Heteroptera) en México es muy amplia, ha sido poco estudiada a nivel faunístico. Los trabajos clásicos más importantes son los de Stål (1862), quien con material colectado también por Victor Signoret, publicó *Hemiptera mexicana*; sin embargo, esta obra carece de datos de localidades. Treinta años después, en el proyecto de los ingleses Frederick Godman y Osbert Salvin, es William Distant quien describió la fauna de Heteroptera en *Biologia Centrali-Americana*, entre los años 1880 y 1893. Esta obra es de gran valor, ya que se incluyen las localidades exactas y la mayoría de las especies se ilustran en láminas a color.

Posteriormente, el estudio general de los hemípteros en México disminuye y no cobra importancia hasta principios de los años setenta, cuando Harry Brailovsky (1976, 1977, 1978) retoma el estudio de la hemipterofauna mexicana. Para el 2000 se elaboró una síntesis del conocimiento de la fauna de artrópodos de México, eso en los dos volúmenes de *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México* (Llorente *et al.* 2000). En esa obra se publicaron dos trabajos importantes sobre la fauna Heteroptera en el país. El primero es de Slater y Brailovsky (2000) sobre la familia Lygaeidae y es realmente en esta obra donde se citan por primera vez listados de estas familias para cada uno de los estados, incluyendo a Michoacán. El segundo es el de Mayorga (2002) quien publicó una revisión a nivel de género para la familia Cydnidae en México, en donde se incluyó un listado de especies con registros para cada estado. Existen algunos trabajos realizados en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo acerca de la hemipterofauna de Michoacán que incluyen numerosos registros (Báez 2011, 2013). En estos trabajos se han reportado para el estado gran diversidad de chinches en diferentes tipos de vegetación, como bosque tropical seco, bosque de encino y matorral subtropical; también se han incluido las asociaciones con las épocas del año (lluvias y secas), así como el daño a las poblaciones ocasionado por la extracción de leña y la presencia de ganado sobre la vegetación del bosque tropical seco.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

En el presente estudio se hizo una síntesis de todo lo reportado hasta hoy para hemípteros, haciendo notar que se trata de un trabajo preliminar y que es necesario realizar más colectas e identificar todo el material que aún se tiene en las colecciones. Hasta el momento se cuenta con un listado de 282 especies (246 identificadas), en 20 familias, entre las que destacan Pentatomidae (35 géneros y 63 especies), Coreidae (22 géneros y 40 especies), Lygaeidae (39 géneros y 72 especies; cuadro 1, figura 1, apéndice 41). La mayoría de los registros que se tienen para el estado corresponden a la provincia fisiográfica Sistema Volcánico Transversal.

ASOCIACIONES CON PLANTAS

Las chinches utilizan con éxito varios hábitats, explotan diversas fuentes de alimento; alrededor de 60% de todas las especies son fitófagas (algunas con gran importancia económica) y el resto son depredadoras o ectoparásitas (Brambila y Hodges 2008). En una misma familia se pueden encontrar diferentes hábitos; por ejemplo, la mayoría de los míridos (Miridae; figura 2) son chinches que se nutren de plantas (hábitos fitófa-

Báez-Santacruz, J. y L. Cervantes-Peredo. 2019. Conocimiento y diversidad de chinches (Insecta: Heteroptera). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 347-351.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Descripción de algunas de las familias de chinches (Heteroptera), comunes en el estado.

Familia	Breve descripción
Anthocoridae	Se conocen comúnmente como "chinches pirata", son de tamaño pequeño y su longitud va de 1.4 a 4.5 mm. El cuerpo es de forma oval, de color negro con marcas blancas. Los miembros de esta familia son depredadores y algunas especies son importantes en el control biológico de plagas agrícolas (Borror y White 1970)
Berytidae	Son chinches de tamaño mediano (entre 5 y 9 mm de longitud); las antenas y las patas son largas y delgadas; las antenas constan de cuatro segmentos. Casi todas las especies son polífagas, aunque se han registrado depredadoras facultativas. Estos heterópteros no constituyen plagas ni ocasionan daños a cultivos (Henry 2000)
Coreidae	La mayoría son de color oscuro con marcas rojas o naranjas y poseen glándulas de olor bien desarrolladas, miden entre 5 y 30 mm de longitud. La membrana que forma la parte posterior de las alas anteriores llamadas hemiélitros por tener la parte basal endurecida y la posterior membranosa, presenta numerosas venas y la cabeza es más corta y angosta que el pronoto. Pueden poseer expansiones en las patas posteriores o modificaciones en las antenas (Borror y White 1970)
Cydnidae	Conocidas como chinches excavadoras por su comportamiento para enterrarse utilizando la expansión de la tibia anterior, son habitualmente de color negro brillante, con cuerpo ovoide a elíptico. Miden entre 1.5 y 17 mm y se alimentan de la raíz y fruto de su planta huésped. La mayoría son de hábitos nocturnos (Mayorga 2002)
Lygaeidae	Es una de las familias más diversas con una gran variedad de formas y colores. Son reconocidos por poseer cuatro segmentos en antenas y pico, por la presencia de ocelos y por tener sólo cuatro o cinco venas en la membrana del hemiélitro; su tamaño se encuentra entre 2 y 18 mm. Algunas especies presentan marcas o bandas en la superficie del cuerpo de color rojo, naranja o negro. La mayoría son fitófagas y algunas llegan a ser plagas en cultivos de cereales (Costas 2005); pocas son depredadores de otros insectos
Miridae	Se han descrito cerca de 10 mil especies para todo el mundo, representando la familia más diversa de chinches. Miden entre 4 y 10 mm; presentan coloraciones de amarillo, verde, naranja y café. El pico y las antenas constan de cuatro segmentos. La mayoría se alimentan de jugos de plantas y algunas especies llegan a ser plagas en cultivos agrícolas; pocas especies son depredadoras de otros insectos (Borror *et al.* 1989)
Pentatomidae	Son conocidas como "chinches apestosas". Es una familia numerosa, con tamaños que van desde mediano a grande; por lo general son de forma ovoide o elíptica. Son reconocidos fácilmente por tener cinco segmentos antenales; presentan ocelos; el espacio que queda entre las alas anteriores llamado escutelo es largo y triangular; las tibias poseen espinas y los tarsos constan de dos o tres artejos (Brailovsky *et al.* 1992)
Reduviidae	Conocidas como "chinches asesinas" con más de 6 600 especies descritas en el mundo. Su longitud varía entre 3 y 36 mm; presentan colores oscuros como negro y café; la cabeza es usualmente alargada; el pico es curvado, corto y de tres segmentos. Son especies con hábitos depredadores, alimentándose de otros artrópodos, por lo que poseen fémures y tibias bien desarrolladas y armadas con espinas (Weirauch 2008). *Triatoma* es un género de esta familia
Tingidae	Son especies exclusivamente fitófagas, que viven en general en el envés de las hojas. Presentan una ornamentación reticulada en el pronoto y en los hemiélitros, por esto son conocidas como "chinches de encaje". Son insectos pequeños entre 1 y 10 mm de longitud, carentes de ocelos, de cuerpo alargado y delgado. En general son de colores claros (Brailovsky y Torre 1986)

Fuente: elaboración propia.

gos), algunas se alimentan de varias especies de plantas (polífagas) y otras mantienen asociaciones específicas formando una interacción con plantas hospederas. De estas especies, algunas son de importancia económica significativa, ya que se alimentan de partes en crecimiento como flores, frutos o follaje nuevo, mientras que otros míridos son depredadores de artrópodos pequeños (Cervantes y Gámez-Virues 2005).

La mayoría de las especies de la familia Rhyparochromidae (figura 3) son de hábitos fitófagos y mantienen asociaciones con plantas hospederas. Por ejemplo, la tribu Lethaeini tiene asociaciones con diversas especies de plantas del género *Ficus* (Moraceae), y especies de las tribus Myodochini y Ozophorini se asocian a semillas (Cervantes *et al.* 2004). El género *Rhinacloa* (Miridae) se ha registrado en Michoacán y tiene como plantas hospederas algunas solanáceas y leguminosas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

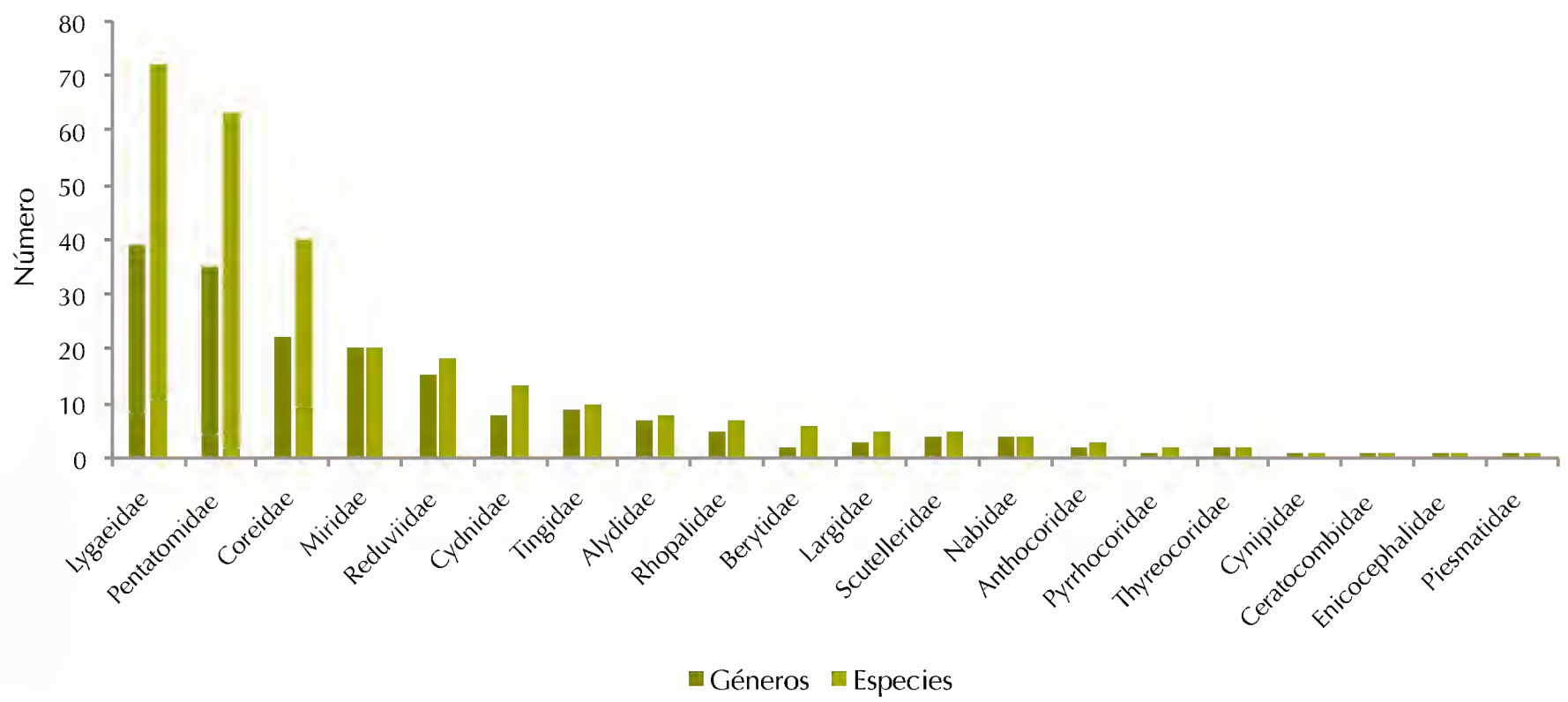


FIGURA 1. Principales familias de Heteroptera reportadas. Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2. Ninfas y adultos del género *Prepops* (Miridae), míridos fitófagos en *Opuntia* sp. (Cactaceae) registrados en el cerro El Águila, municipio de Morelia. Foto: Jezabel Báez Santacruz.

FIGURA 3. Chinche del género *Pseudopamera* (Rhyparochromidae); estos insectos se alimentan sobre todo de semillas. Foto: Luis Manuel Cervantes Peredo.

Este género incluye especies depredadoras, reconocidas como importantes enemigos naturales de la mariposa nocturna *Heliothis virescens*, cuyas larvas son plaga del algodón (Herrera 1965).

Para la familia Coreidae se reportaron varias especies, como *Acanthocephala femorata* (figura 4), *Mozena lunata, Chelinidea tabulata* (figura 5) y *Vilga mexicana*. La especie *A. femorata* tiene una longitud entre 25-28 mm, se reconoce por las expansiones metatibiales y los metafémures de los machos, y han sido varias las observaciones de su alimentación en plantas de las familias Asteraceae, Amaranthaceae, Poaceae y Malvaceae (Dolling 1977, McPherson *et al.* 2011). En Michoacán se han observado ninfas y adultos en la planta *Acacia pennatula* (Fabaceae, figura 6).

FIGURA 4. *Acanthocephala femorata* (Coreidae) registrada en Chehuayito, municipio de Álvaro Obregón. Foto: Jezabel Báez Santacruz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Ninfa de la chinche *Chelinidea tabulata* (Coreidae) sobre el nopal *Opuntia* sp. (Cactaceae) registrada en el cerro El Águila, municipio de Morelia. Foto: Jezabel Báez Santacruz.

FIGURA 6. *Mozena lunata* (Coreidae). Chinche sobre brotes tiernos de *Acacia pennatula* (Fabaceae) en el cerro El Águila, municipio de Morelia. Foto: Jezabel Báez Santacruz.

Otra especie colectada en *A. pennatula* fue *M. lunata*, la cual se ha encontrado en las partes más altas y tiernas de árboles jóvenes y adultos (Brailovsky *et al.* 1995). También se ha registrado a *Narnia* sp., otra chinche que se alimenta de partes tiernas y de frutos jóvenes o maduros de nopal (figura 7).

CONCLUSIONES

A pesar de que Michoacán comprende una gran diversidad de heterópteros y se cuenta con múltiples registros, los estudios aún son escasos y se considera necesario profundizar en el conocimiento de la taxonomía, ecología e importancia económica y médica-veterinaria del grupo. La importancia de los heterópteros sobre todo es ecológica e implica el conocimiento de las relaciones

FIGURA 7. Chinche *Narnia* sp. (Coreidae) sobre *Opuntia tomentosa* (Cactaceae), ubicada en el cerro El Águila, municipio de Morelia. Foto: Jezabel Báez Santacruz.

del grupo con otros animales (p.e. depredación), con plantas hospederas (alimentándose de frutos, semillas u otras partes de la planta) y ayudando a mantener la regeneración de la vegetación. En el aspecto económico, las especies de este grupo son importantes ya que, por un lado, son utilizadas como control biológico, y por otra parte han sido registradas como plagas en pastos y cultivos agrícolas importantes, ocasionándoles daños importantes. En el estado se cuenta con alta riqueza de especies adaptadas a diferentes hábitats, distribuidas en sistemas terrestres y acuáticos, y con varias formas de alimentación, comprendiendo un grupo importante en los gremios tróficos.

REFERENCIAS

Báez, J. 2011. *Hemiptera: Heteroptera de Las Flores, municipio de Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2013. *Comunidades de Hemiptera: Heteroptera como indicadores de perturbación en bosque tropical caducifolio de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México.* Tesis de maestría. UMSNH, Morelia.

Borror, D. y R. White. 1970. *A field guide to the insects of America North of Mexico.* Houghton Mifflin Company, Boston.

Borror, D., C. Triplehorn y N. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects.* Saunders College Publishing, EUA.

Brailovsky, H. 1976. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México: VIII. Una nueva especie de *Leptoglossus* Guerin (Coreidae-Coreinae) y datos sobre distribución de las especies mexicanas del género. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 47(2):35-42.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

——. 1977. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México. XII. El género *Neacoryphus* Scudder (Lygaeidae-Lyggaeinae) y descripción de tres nuevas especies. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 48(1):97-122.

——. 1978. Contribution to the study of the Hemiptera: Heteroptera from México. XV. A new genus and species of Gonianotini (Lygaeidae: Rhyparochrominae). *Polskie Pismo Entomololgiczne* 48:517-522.

Brailovsky, H. y L. Torre. 1986. Hemiptera-Heteroptera de México. XXXVI, Revisión Genérica de la Familia Tingidae Laporte. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 56 (3):869-932.

Brailovsky, H., M. Mayorga y L. Cervantes. 1992. Hemiptera: Heteroptera de México XLIV. Biología, estadios ninfales y fenología de la tribu Pentatomini (Pentatomidae) en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz. *Publicaciones especiales del Instituto de Biología-UNAM* 8:9-204.

Brailovsky, H., G. Ortega-León, E. Barrera y C. Mayorga. 1995. Estadios ninfales de los coreidos del valle de Tehuacán, Puebla, México (Hemiptera: Heteroptera). II. Especies asociadas a huizacheras (*Acacia* spp.) y mezquiteras (*Prosopis* spp.): *Mozena lunata, Pachylis hector, Savius jurgiosus* y *Thasus gigas. Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 66(1):57-80.

Brambila, J. y G. Hodges. 2008. Bugs Hemiptera. En: *Encyclopedia of Entomology*. J.L. Capinera (ed.). Ed. Capinera, Florida, pp. 591-611.

Cervantes, L., I. Pacheco y A. Sánchez. 2004. Immature stages and life cycles of five species of *Ozophora uhler* (Hemiptera: Rhyparochromidae: Ozophorini) associated with figs in Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 106:654-674.

Cervantes, L. y S. Gámez-Virues. 2005. Three species of facultative Myodochini (Lygaeoidea: Rhyparochromidae) associated with figs in Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 107:362-375.

Costas, M. 2005. Estudio taxonómico y faunístico de los Lygaeidae Schilling, 1829 (Insecta: Heteroptera) del macizo central de la sierra de Gredos (Sistema Central). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 1:333-345.

Distant, W.L. 1880-1893. Insecta. Rhynchota. Hemiptera: Heteroptera. En: *Biologia Centrali Americana*. F.D. Goodman y O. Salvin (eds.). Vol. I, Londres, pp. 1-462.

Dolling, W. 1977. A revision of the neotropical genus *Vilga* Stal (Hemiptera: Coreidae). *Systematic Entomology* 2:27-44.

Henry, T. 2000. Stilt Bugs (Berytidae). En: *Heteroptera of economic importance*. W. Schaefer y A. Panizzi (eds.). CRC Press, Nueva York, pp. 725-736.

Herrera, J. 1965. Investigaciones sobre las chinches del género *Rhinacloa* (Hemiptera: Miridae) controladores importantes del *Heliothis virescens* en el algodón. *Convención de la Sociedad Entomológica del Perú* 8:46-60.

Llorente, J., E. González y N. Papavero. 2000. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* Vol. II. UNAM, México.

Mayorga, C. 2002. Revisión genérica de la familia Cydnidae (Hemiptera: Heteroptera) en México, con un listado de especies conocidas. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 73(2):157-192.

McPherson, J., R. Packauskas, R. Sites *et al.* 2011. Review of *Acanthocephala* (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae) of America north of Mexico with a key to species. *Zootaxa* 2835:30-40.

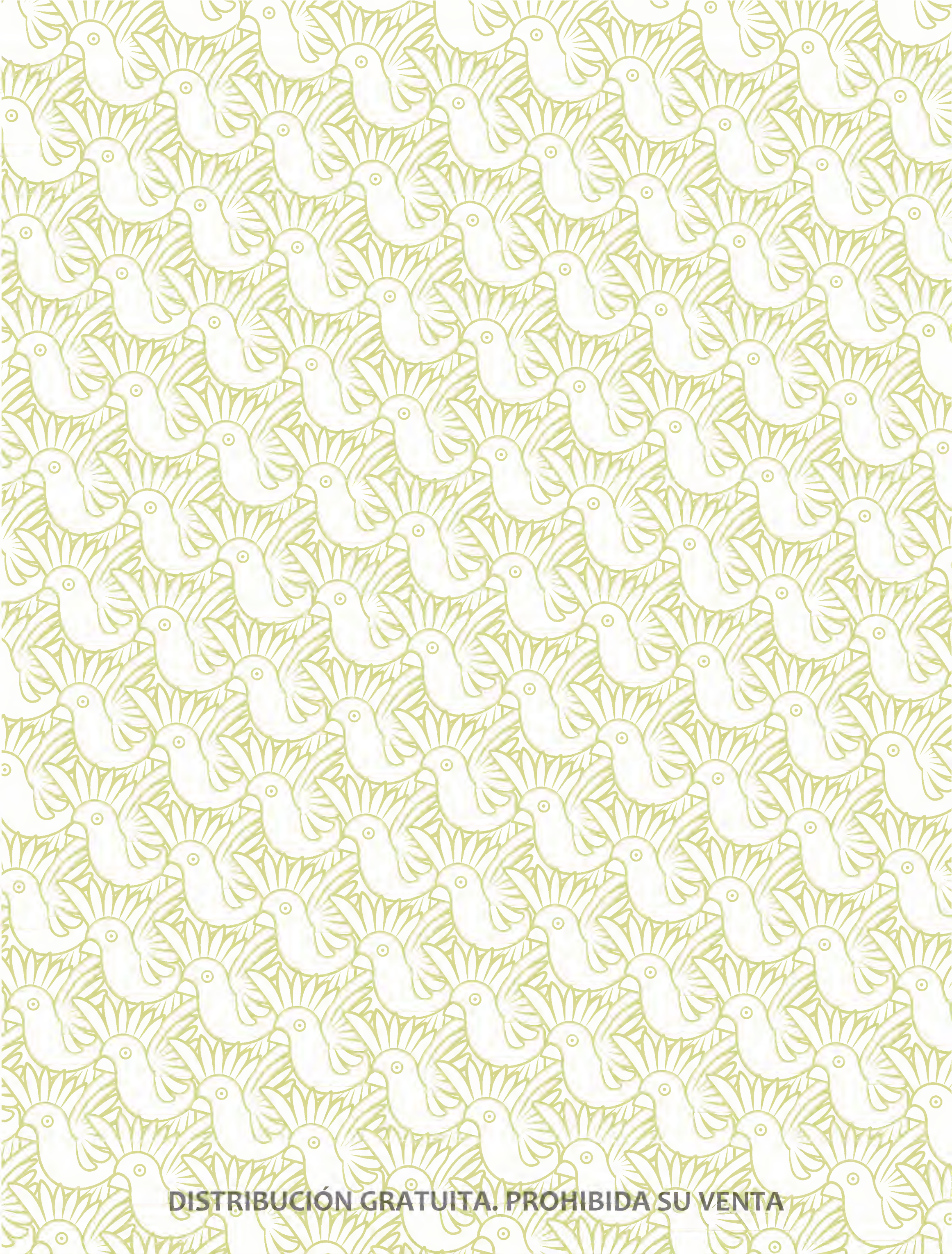
Slater, J.A. y R.M. Baranowski. 1978. *How to Know the True Bugs (Hemiptera-Heteroptera).* W.C. Brown Company, EUA.

Slater, J.A. y H. Brailovsky. 2000. Lygaeidae (Hemiptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* B.J.E. Llorente, E.S. González y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 319-333.

Stål, C. 1862. Hemiptera Mexicana enumeravit speciesque novas descripsit. *Stettiner Entomologische Zeitung (Entomologische Zeitung Harausgegeben von dem Entomologische Vereine zu Stettin)* 23(7-9):289-325.

Weirauch, C. 2008. Cladistic analysis of Reduviidae (Heteroptera: Cimicomorpha) based on morphological characters. *Systematic Entomology* 33:229-274.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Los Scarabaeoidea

MARÍA CRISTINA ZAMORA VUELVAS, ARISTEO CUAUHTÉMOC DELOYA LÓPEZ, JAVIER PONCE SAAVEDRA, GUSTAVO AGUIRRE LEÓN Y HÉCTOR JAIME GASCA ÁLVAREZ

INTRODUCCIÓN

Los coleópteros son conocidos popularmente como escarabajos, picudos, mayates, gorgojos, sanjuaneros, rodacacas, catarinitas, pinacates, ronroneros o luciérnagas, y sus larvas son conocidas como gallina ciega, gusanos de alambre, nixticuil, gusano blanco, chisa o yupos (Morón y Terrón 1988, Morón *et al.* 1997, Morón 2004).

Se caracterizan por tener un aparato bucal de tipo masticador bien desarrollado, ojos compuestos en estado adulto y ojos simples en estado larval; tienen el primer par de alas endurecidas (llamados élitros), que cuando están en reposo cubren a las alas membranosas y al dorso del abdomen (Deloya 1997), de allí deriva el nombre de coleóptero, que en griego significa alas con estuche.

Existen más de 100 familias de coleópteros a las cuales generalmente se les dice escarabajos; sin embargo, en sentido estricto esta palabra se refiere a los que son parecidos al escarabajo sagrado de los antiguos egipcios (*Scarabaeus sacer*; Vázquez 1987, Morón 2004). De acuerdo con las reglas de la taxonomía este grupo lo encabeza la familia Scarabaeidae e incluye a otros grupos semejantes, como los Lucanidae, Passalidae y Melolonthidae, que por tener sus antenas terminadas en un paquete de laminitas se les ha llamado lamelicornios y se les agrupa en la superfamilia Scarabaeoidea (Morón 2004). En 1995, Lawrence y Newton propusieron que los Scarabaeiformia corresponden a 13 familias (Lucanidae, Passalidae, Trogidae, Glaresidae, Pleocomidae, Diphyllostomatidae, Belohinidae, Hybosoridae, Scarabaeidae, Ochodaeidae, Glaphyridae, Ceratocanthidae y Geotrupidae); dicho esquema está siendo promovido como la opción contemporánea para enmarcar el estudio de los Scarabaeoidea en Norteamérica (Kohlmann y Morón 2003). De las familias anteriormente mencionadas, en México hay ocho y en Michoacán se registran siete (cuadro 1).

El estudio de los coleópteros mexicanos inicia con la obra de Henrry W. Bates (1886-1890) titulada *Biologia Centrali Americana*, se puede encontrar el registro de 247 especies copro-necrófagas (que se alimentan de excrementos y cadáveres) y 476 especies fitófagas (que se alimentan de vegetales) para México, de las cuales para Michoacán se registran siete especies de cuatro familias, todas de la sección Lamellicornia (cuadros 2 y 3). Posteriormente, los diversos trabajos monográficos y faunísticos que se han realizado por especialistas nacionales y extranjeros en diferentes estados de México, se ven reflejados en la obra titulada *Atlas de los escarabajos de México. Vol. I. Familia Melolonthidae, Vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae.*

DIVERSIDAD

Los coleópteros de la superfamilia Scarabaeoidea son uno de los taxa de la clase Insecta mejor conocidos en el mundo y en México. Se han descrito cerca de 30 mil especies a nivel mundial, de las cuales 1 713 se han registrado para México (Morón 2003*a*).

Algunos de los estudios realizados para Michoacán incluyen el realizado por Padilla *et al.* (1992) con el fin de contribuir al conocimiento de los Scarabaeidae necrófagos, y las tesis sobre Coleoptera de la UMSNH (Godínez 1988, Díaz 1991, Jurado 1994). El trabajo realizado por Jurado (1994) representa el primer estudio sistemático sobre coleópteros para la entidad. Específicamente para la superfamilia Scarabaeoidea, Morón *et al.* (1997) reportan 87 especies de Melolonthidae representada por 46 pertenecientes a la subfamilia Melolonthinae, 13 a Rutelinae, 18 a Dynastinae y 10 a Cetoniinae. Posteriormente, Morón (2003*a*) reportó 153 especies de Lamellicornia pertenecientes a cinco familias (cuadro 3).

Otros trabajos con este grupo de coleópteros son los de Ayala (2005), Cruz (2007), Pérez (2007) y Morón y Márquez (2012). En el primer *Estudio de Estado* de Michoacán, para los Scarabaeoidea se reportan 115 especies en cuatro familias (cuadro 3; Ponce 2005*a*).

Como resultado de la revisión para el presente estudio, la superfamilia Scarabaeoidea se reporta representada por 203 especies identificadas pertenecientes a 74 géneros y siete familias (apéndice 42).

La mayor riqueza se registra en la familia Scarabaeidae (cuadro 4) con 56 géneros y 180 especies determinadas. Las familias Lucanidae, Trogidae, Ochodaeidae e Hybosoridae son las que registran la menor riqueza (de una a tres especies; cuadro 4);

Zamora-Vuelvas, M.C., C. Deloya, J. Ponce-Saavedra, G. Aguirre-León y H.J. Gasca-Álvarez. 2019. Los Scarabaeoidea. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 353-361.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Descripción de familias incluidas en la superfamilia Scarabaeoidea presentes en el estado.

Familia	Descripción	Especies
Lucanidae	Escarabajos que son morfológicamente variados, miden desde tres hasta 90-100 mm de longitud, presentan el cuerpo alargado y puede ser convexo, deprimido o cilíndrico; dimorfismo sexual marcado, a veces los machos tienen las mandíbulas muy desarrolladas, anchas, curvadas y alargadas (Reyes-Castillo y Boucher 2003). Se distinguen de otros escarabajos porque sus antenas tienen el artejo basal (escapo) muy alargado y forma un ángulo marcado con el resto de los artejos; la mayoría de las especies viven bajo las cortezas o dentro de troncos podridos (Morón 2004)	*Lucanus mazama* (macho y hembra). Foto: M.J. Paulsen.
Passalidae	Estos escarabajos se caracterizan por su forma alargada, más o menos aplanada o semicilíndrica y por la separación notable que existe entre el protórax (parte anterior) y el mesotórax (parte posterior); son de color negro brillante y su longitud varía entre 20 y 90 mm; la mayoría vive en galerías construidas dentro de troncos derribados y en tocones en descomposición (Morón 2004)	*Ptychopus angulatus*. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.
Trogidae	Familia formada por escarabajos que tienen el cuerpo en forma alargada-ovalada, robusta, muy convexa por el dorso y casi plana por la región ventral. En la mayor parte de las especies el pronoto (parte dorsal del tórax que está inmediatamente después de la cabeza) y élitros (alas duras típicas de los escarabajos) exhiben hileras de tubérculos o quillas prominentes. La cabeza es un poco pequeña y con frecuencia se oculta parcialmente en el pronoto, resultando difícil verla por completo desde el dorso; las especies más pequeñas (4-5 mm) pertenecen al género *Trox* y las mayores (20 mm) al género cosmopolita *Omorgus* (Morón 2004)	*Trox plicatus*. Foto: M. C. Zamora-Vuelvas.

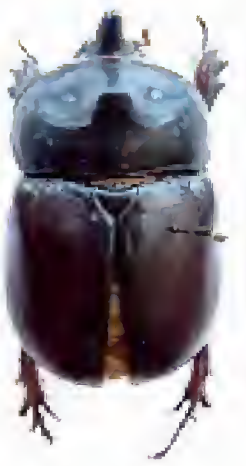
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Familia	Descripción	Especies
Geotrupidae	Son escarabajos de coloración variable, forma ovalada, compacta, muy convexa, con patas fuertes y robustas, dimorfismo sexual notable en muchas especies, representado por cuernos, tubérculos, quillas y depresiones en la cabeza y pronoto; los ojos están divididos por una especie de quilla (Morón 2004); antena formada por 11 artejos y el pigidio o parte terminal del abdomen se encuentra parcial o totalmente cubierto por los élitros (Howden 2003). Las especies pequeñas (5-6 mm) pertenecen a los géneros *Eucanthus* y *Gilletinus*, y las mayores (30-35 mm) se incluyen en el género *Geotrupes* (Morón 2004)	*Ceratotrupes fronticornis.* Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.
Ochodaeidae	Los miembros de esta familia se caracterizan por tener antenas formadas por 10 artejos, el labro y las mandíbulas son visibles. Tienen el cuerpo ovalado y un poco deprimido; pronoto uniformemente convexo; profémures dilatados, espolones mesotibiales crenulados o pectinados. Los adultos de varias especies tienen un aparato estridulador capaz de producir ruido, compuesto por un raspador con forma de gancho granuloso en cada extremo lateral del sexto esternito, que se frota contra el borde del élitro engrosado adyacente (Morón 2003*b*)	*Parochodaeus inarmatus.* Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.
Hybosoridae	Son escarabajos que se caracterizan por tener el labro y gran parte de las mandíbulas expuestas frente al clípeo, de forma ovalada, frecuentemente muy convexos por su región dorsal y rara vez aplanados, sus patas pueden ser bastante largas y esbeltas, presentan poco dimorfismo sexual. Las especies pequeñas (5-6 mm) pertenecen al género *Hybosorus* y las mayores (13-14 mm) se incluyen en el género tropical *Phaeochrous* (Morón 2003*c*, 2004)	Ejemplar de la familia Hybosoridae. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Familia	Descripción	Especies
Scarabaeidae	Es la familia más heterogénea, está conformada por escarabajos que exhiben una amplia gama de tamaños, formas y colores, es representada por especies de hábitos fitófagos, saprófagos y coprófagos Los integrantes de la subfamilia Melolonthinae tienen antenas terminadas en "maza", constituida por tres a siete artejos alargados y aplanados, capaces de abrirse y cerrarse entre sí como un abanico y cuya superficie es por lo general de aspecto brillante; su longitud varía entre 3 y 170 mm. Es frecuente un acentuado dimorfismo sexual, que en los machos es aparente por la presencia de proyecciones cefálicas o protorácicas en forma de cuernos, en la hipertrofia de las patas protorácicas o metatorácicas, o en diferencias notables en la coloración, la textura y la vestidura con pelos o setas en las partes dorsales (Morón *et al.* 1997, Morón 2004) Los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae tienen la cabeza generalmente pequeña, el cuerpo en forma ovalada o robusta, en ocasiones casi globosa y rara vez aplanada y esbelta; exhiben una amplia gama de colores y su longitud varía entre 2 y 65 mm (especies neárticas); élitros convexos o aplanados, con o sin estrías; pigidio oculto por los élitros (Aphodiinae y Scarabaeinae; Morón 2004)	 *Cotinis mutabilis* (subfamilia Cetoniinae). Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.  *Xyloryctes thestalus* (subfamilia Dynastinae). Foto: M.C. Zamora-Vuelvas. *Sisyphus submonticolus* (subfamilia Scarabaeinae). Foto: M.C. Zamora-Vuelvas. *Phanaeus adonis* (subfamilia Scarabaeinae) extraído de excremento bovino. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Familias y especies de Coleoptera Lamellicornia citados por H.W. Bates (1887-1890).

Familia	Subfamilia	Especie	Localidad
Copridae		*Canthon gagatinus*	Morelia
		Phanaeus palliatus	Estado de Michoacán
Chasmatopteridae		*Chnaunanthus discolor*	Tacámbaro
Rutelidae	Anomalinae	*Callirhinus metallescens*	Morelia
	Areodinae	*Parachrysina truquii*	Morelia
Cetoniidae	Cetoniinae	*Euphoria leucographa*	Tacámbaro
		E. basalis	Tacámbaro

CUADRO 3. Número de especies de la superfamilia Scarabaeoidea reportadas por diferentes autores.

Familia	*Biologia Centrali Americana* Bates (1887-1890)	Morón *et al.* (1997)	Morón (2003)	Primer Estudio de Estado (Ponce 2005*a*)	Presente Estudio de Estado
Lucanidae			2		2
Passalidae			8	4	8
Trogidae			3	2	3
Geotrupidea				11	10
Ochodaeidae					2
Hybosoridae					1
Scarabaeidae	7	87	140	98	183
Total	**7**	**87**	**153**	**115**	**209**

CUADRO 4. Géneros y especies de la superfamilia Scarabaeoidea reportadas para Michoacán por Zamora-Vuelvas (obs. per.).

Familia*	Géneros	Especies
Lucanidae	1	2
Trogidae	2	3
Hybosoridae	1	1
Passalidae	6	8
Geotrupidae	6	10
Scarabaeidae	52	183
Ochodaeidae	1	2
Ceratocantidae		
Total	**69**	**206**

*Para cada familia se contabilizaron de manera separada aquellos registros en los que no se determinó la especie, pero que se sabe son diferentes a las ya registradas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

en el caso de las especies de la familia Ochodaeidae sólo se registraron las morfoespecies (sp.1 y sp.2) y el registro de la familia Geotrupidae cambió de 11 a 10, debido a la existencia de una sinonimia entre dos de las especies reportadas en el primer *Estudio de Estado*.

Destacan tres especies de la familia Passalidae distribuidas en Michoacán: *Spurius depressifrons*, una especie rara que habita en los bosques húmedos mixtos de pino-encino y pino situados en el Sistema Volcánico Transversal; *Petrejoides michoacanae* es considerada como muy rara, ya que sólo se conoce el holotipo macho y hasta el momento su distribución es restringida a la localidad de Coalcomán, ubicada en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur; y la especie *Odontotaenius cuspidatus* es considerada como endémica del estado y se registra en el municipio de Huetamo, que se ubica en las provincias fisiográficas de Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Sistema Volcánico Transversal (Reyes-Castillo y Boucher 2003).

A la fecha, de las ocho familias de Scarabaeoidea con presencia en México, Ceratocantidae no ha presentado registro alguno en el estado; sin embargo, ello no significa que no esté presente, ya que Howden (2003) reporta que se encuentra distribuida desde el sur de Ontario, Canadá hasta Argentina. Esta ausencia podría atribuirse a la falta de muestreo en el territorio estatal.

DISTRIBUCIÓN

Pueden vivir casi en cualquier ecosistema terrestre, desde zonas desérticas extremosas hasta bosques tropicales siempre verdes, pasando por todo tipo de vegetación silvestre o cultivada, y desde el borde de las playas marinas hasta los límites de nieve en las montañas a más de 4 000 msnm (Morón 2004).

Se tienen registros de especies para los municipios de Quiroga, Zacapu, Pátzcuaro, Álvaro Obregón, Zinapécuaro, Nuevo Parangaricutiro, Uruapan, Morelia, Los Reyes y Peribán, así como de la región norte de la costa (Ponce 2005*b*, 2009, 2010).

Del total de los registros 44.7% (127 especies) se ubican en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, lo que puede deberse a que además de ser la región de mayor extensión hay mayor accesibilidad a localidades relativamente cercanas a la capital michoacana, como Quiroga, Pátzcuaro, Ario, Uruapan, Tarímbaro, Erongarícuaro, entre otras. Le sigue la Sierra Madre del Sur con 15.5% de los registros (44). Las provincias Llanura Costera (7.4%, 21), Depresión del Balsas-Tepalcatepec (6.7%, 19) y la Altiplanicie (4.9%, 14), presentaron el menor porcentaje de registro, hecho que puede atribuirse a la falta de estudios en dichas zonas, y en el caso de la Altiplanicie y de la Llanura Costera, a la poca extensión que ocupan en el estado.

Es de notar que 20.7% de las especies registradas se encontraron sin datos específicos sobre la localidad, esto es, se encontraron reportadas sólo para Michoacán, lo que otorga poca información sobre sus actuales y posibles áreas de distribución. Además, varios de los registros obtenidos en los trabajos faunísticos y en los ordenamientos ecológicos territoriales sólo pudieron determinarse a nivel de familia y en algunos registros sólo se reporta hasta nivel de género, lo cual recuerda la necesidad de realizar más trabajos taxonómicos para una correcta identificación y así incrementar el conocimiento de la diversidad de este grupo en el estado.

IMPORTANCIA

Es un grupo muy heterogéneo en cuanto a sus ciclos de vida y hábitos alimenticios, ya que los hay fitófagos (que comen follaje, como las especies de los géneros *Macrodactylus* y *Phyllophaga*, especies de la familia Scarabaeidae; figuras 1 y 2), saprófagos (materia orgánica), xilófagos o saproxilófagos (madera o madera en descomposición, como las especies de la familia Passalidae; figura 3), coprófagos (excremento de aves, reptiles y mamíferos, como las especies pertenecientes la fami-

FIGURA 1. Escarabajos frailecillos (*Macrodactylus mexicanus*) fitófagos de la familia Scarabaeidae alimentándose de un arbusto (*Croton ciliatoglandulifer*) y buscando pareja para copular. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Mayate (*Phyllophaga vetula*), escarabajo fitófago de la familia Scarabaeidae ocultándose bajo la hojarasca de un bosque de pino-encino. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.

FIGURA 4. Escarabajos peloteros (*Canthon humectus*, miembros coprófagos de la familia Scarabaeidae) rodeando excremento de zorrito para formar sus bolas-nido. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.

FIGURA 3. Escarabajos de la familia Passalidae que utilizan troncos en descomposición para alimentarse y hacer sus galerías para refugiarse, alimentarse y cuidar a sus crías. Foto: René Cerritos/Banco de Imágenes CONABIO.

FIGURA 5. Escarabajo coprófago de la familia Scarabaeidae, conocido comúnmente como torito, por las proyecciones cefálicas presentes en los machos; en la foto se ve un espécimen del género *Phanaeus*, que al sentir las vibraciones de los pasos en el suelo se ha quedado quieto sobre excremento de conejo. Foto: Jezabel Báez-Santacruz.

lia Scarabaeidae; figuras 4 y 5) o necrófagos (cadáveres o restos de animales; Deloya 1992, 1997; Morón *et al.* 1997).

Las larvas pueden alimentarse con excremento, raíces, madera en distintas etapas de descomposición, hojarasca, humus y detritos compactados, contribuyendo con sus excrementos a la formación de suelo (Morón *et al.* 1997, Morón 2004; figuras 6 y 7).

La importancia ecológica es muy significativa, ya que pueden actuar como reguladores de crecimiento de las poblaciones vegetales, limitando el crecimiento del follaje y las raíces; además, contribuyen en la polinización de muchas especies de plantas y participan activamente en la limpieza de los ecosistemas que habitan (Morón 2004).

FIGURA 6. Larva de la familia Scarabaeidae encontrada bajo excremento bovino. Foto: M.C. Zamora-Vuelvas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 7. Larvas de los Passalidae (*Ptichopus angulatus*) que tienen su ciclo de vida en los detritos de las hormigas cortadoras del género *Atta*. Foto: A.F. Quijano-Ravell.

Diversas especies tienen importancia económica debido a que algunos adultos se alimentan de follaje tierno de árboles silvestres o cultivados (encinos, pinos, tejocotes, manzanos, duraznos, perales), de frutos dulces, flores, polen y secreciones de salvia en los cuales pueden causar daños (Deloya 1992, Morón 2004).

Los escarabajos coprófagos son benéficos para la ganadería ya que eliminan masas de estiércol que impiden el crecimiento de pasto, evitan el exceso de moscas, abonan el suelo al enterrar el estiércol y destruyen los huevecillos y quistes de muchos parásitos intestinales del ganado durante la masticación del estiércol (Morón 2004).

CONCLUSIONES

Michoacán es un estado que tiene tal diversidad de relieves que conllevan a una gran variedad de climas que se manifiestan en la variada vegetación y fauna. Aunque el número actual de especies registradas de Scarabaeoidea (203) es considerable, tomando en cuenta que en el 2005 se reportaron únicamente 115 especies, sólo representa 11.9% de lo reportado para México. Esto apunta la necesidad de realizar más estudios taxonómicos y faunísticos a fin de conocer con mayor precisión la biodiversidad y distribución fisiográfica de los Scarabaeoidea; así como formar una colección entomológica que respalde dichos estudios y preserve un inventario físico de la diversidad.

REFERENCIAS

Ayala, V.M. 2005. *Estudio faunístico de Coleoptera: Lamellicornia (Trogidae:Scarabaeidae) del gradiente altitudinal Santa Fe de la Laguna-Cerro Tzirate, municipio de Quiroga, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bates, H.W. 1886-1890. Insecta. Coleoptera. Pectinicornia y Lamellicornia. *Biologia Centrali-Americana*. Vol. II, Parte 2. En: *<http://biodiversitylibrary.org/page/42603494#page/33/mode/1up>*, última consulta: septiembre de 2015.

Cruz C., M.G. 2007. *Plagas rizófagas del maíz en la región de Coeneo, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Deloya, C. 1992. Coleópteros. En: *Memorias teórico-práctico de artrópodos transmisores de enfermedades, parte II.* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, pp. 84-97.

——. 1997. Importancia económica, agrícola, médica, veterinaria, pecuaria y forestal de los escarabajos y su uso potencial en medicina legal. En: *Manual sobre entomología y acarología aplicadas*. Sociedad Mexicana de Entomología, A.C., México, pp. 31-40.

Díaz, F.S. 1991. *Fluctuación poblacional de la entomofauna presente en trigo de temporal en La Posta, municipio de Tarímbaro, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Godínez, D.R. 1988. *Estudio comparativo de la dinámica poblacional y evaluación de daños de las principales plagas del sorgo en condiciones de riego y temporal en el municipio de Villamar, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Howden, H.F. 2003. Subfamilia Geotrupinae. En: *Atlas de los escarabajos de México. Vol. II.* M.A. Morón (ed.). Argania Editio, Barcelona, pp. 95-106:114-121.

Jurado V., N.G. 1994. *Coleópteros de dos localidades de la rivera este del lago de Cuitzeo. Morelia, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Kohlmann, B. y M.A. Morón. 2003. Análisis histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 90:175-280.

Lawrence, J.F. y A.F. Newton Jr. 1995. *Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names).* J. Pakaluk y S.A. Slipinski (eds.). Muzeum I Instytut Zoologii PAN, Varsovia.

Morón, M.A. 2003*a*. Antecedentes. En: *Atlas de los escarabajos de México. Vol. II.* M.A. Morón (ed.). Argania Editio, Barcelona.

——. 2003*b*. Subfamilia Ochodaeinae. En: *Atlas de los escarabajos de México. Vol. II.* M.A. Morón (ed.). Argania Editio, Barcelona, pp. 107-110.

——. 2003*c*. Subfamilia Hybosorinae. En: *Atlas de los escarabajos de México. Vol. II.* M.A. Morón (ed.). Argania Editio, Barcelona, pp. 1129-113.

——. 2004. *Escarabajos, 200 millones de años de evolución.* Instituto de Ecología, A.C./Sociedad Entomológica Aragonesa, Xalapa.

Morón, M.A., B. Ratcliffe y C. Deloya. 1997. *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol I, Familia Melolonthidae.* CONABIO/Sociedad Mexicana de Entomología, A.C., México.

Morón, M.A. y J. Márquez. 2012. Nuevos registros estatales y nacionales de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) y comentarios sobre su distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(3):698-711.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Morón, M.A. y R.A. Terrón. 1988. *Entomología práctica*. Instituto de Ecología, A.C., México, Publicación 22.

Padilla, R.J, A. Morales M. y R.G. Sánchez G. 1992. Los coleópteros Scarabaeidae necrófagos de dos localidades del estado de Michoacán, México. *Memorias del XXVII Congreso Nacional de Entomología*, San Luis Potosí.

Pérez V., M.A. 2007. *Estudio faunístico de Coleoptera: Lamellicornia (Melolonthidae) del gradiente altitudinal Santa Fe de la laguna Cerro Tzirate, municipio de Quiroga, Michoacán*. Tesis de licenciatura en biología. UMSNH, Morelia.

Ponce-Saavedra, J. 2005*a*. Insectos y arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

——. 2005*b*. Inventario de insectos y arácnidos. En: *Biodiversidad en la región norte de la costa del estado de Michoacán*. E.D. Huacuz y J. Ponce-Saavedra (eds.). UMSNH, Morelia.

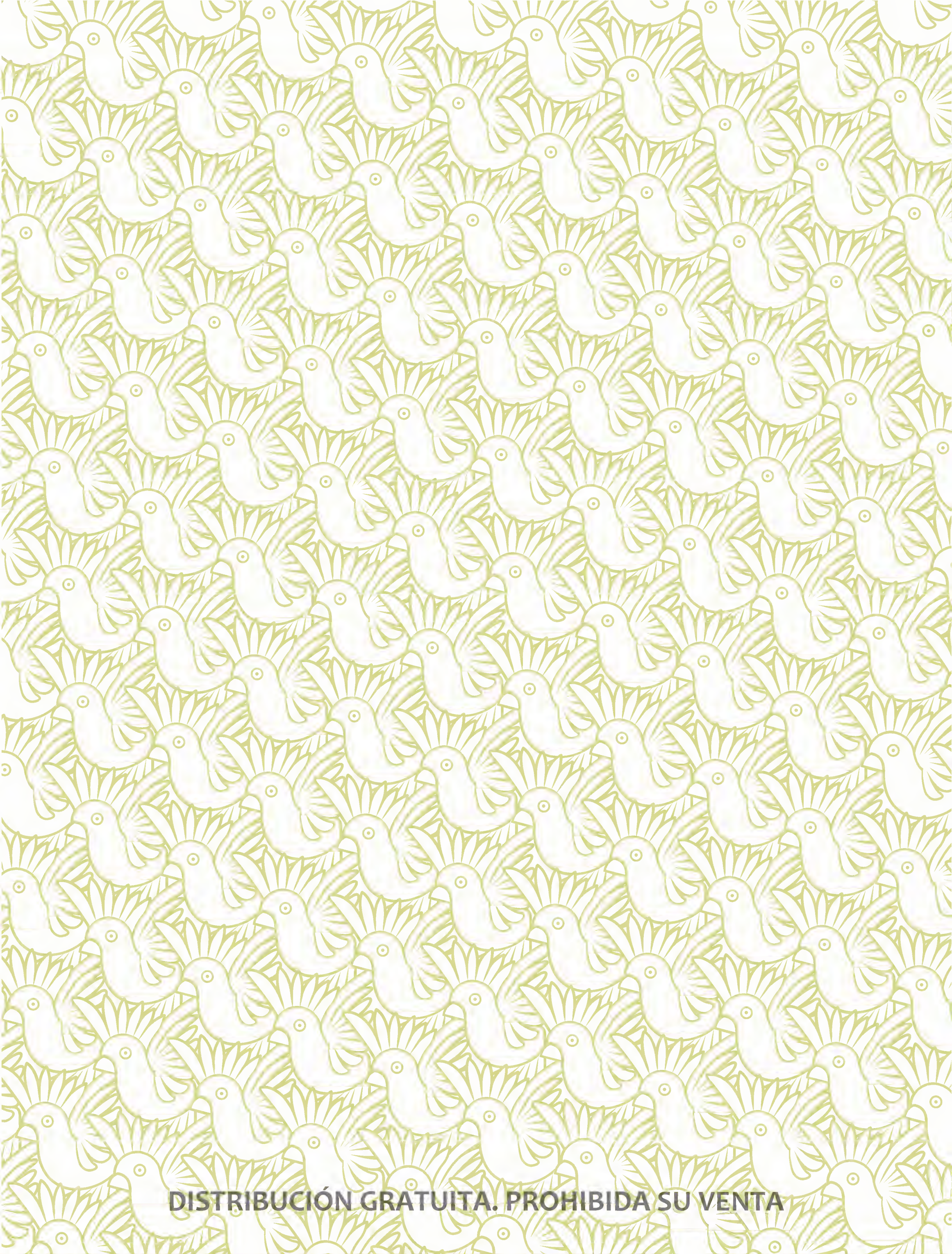
——. 2009. Flora y fauna presente en diversos hábitats: insectos y arácnidos. En: *Hábitats de Chorros del Varal: criterios del modelo español*. E.D. Huacuz y A.M. Lizana (eds.). Fondo Editorial Morevallado, Madrid.

Ponce-Saavedra, J. 2010. *Inventario de insectos y arácnidos (Cupatitzio, Uruapan, Michoacán)*. Laboratorio de Entomología Biól. Sócrates Cisneros Paz. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Reyes-Castillo, P. y S. Boucher. 2003. Familia Lucanidae. En: *Atlas de los escarabajos de México Vol. II*. M.A. Morón (ed.). Argania Editio, Barcelona, pp. 169-174.

Vázquez, L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Ed. Interamericana, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los arácnidos

JAVIER PONCE SAAVEDRA, ALEJANDRO VALDEZ MONDRAGÓN, CARLOS EDUARDO SANTIBÁÑEZ LÓPEZ Y JESÚS ALBERTO CRUZ LÓPEZ

DESCRIPCIÓN

Los arácnidos (clase Arachnida del griego *arachne*: araña) son un grupo de artrópodos perteneciente a los quelicerados, animales en los cuales los primeros apéndices, anteriores a la boca, son estructuras para alimentarse, modificados como colmillos o pinzas y denominados quelíceros (Ubick *et al.* 2005, Platnick 2012), a diferencia de otros artrópodos, como insectos, miriápodos y crustáceos, en los que este primer par de apéndices son sensoriales y comúnmente se les llaman antenas.

La clase incluye 11 órdenes: Acari (ácaros), Amblypygi (tendarapos o tenanches), Araneae (arañas), Opiliones (arañas patonas), Palpigradi (palpígrados), Pseudoscorpionida (pseudoescorpiones), Ricinulei (ricinúlidos), Shizomida (esquizómidos), Scorpiones (escorpiones y alacranes), Solifugae (arañas sol) y Thelyphonida (uropígidos o vinagrillos; Francke 2011).

Todos se caracterizan por tener dos segmentos corporales, prosoma y opistosoma (abdomen), y apéndices que pueden ser quelíceros, pedipalpos y cuatro pares de patas (en algunos casos sólo tres son funcionales para caminar, porque el primero se ha modificado para funcionar a manera de antena, como en los tendarapos, vinagrillos y solífugos), todos estos apéndices son unirrámeos y multiarticulados (Brusca y Brusca 1990, Beccaloni 2010).

Hay gran diversidad morfológica en el grupo y se puede apreciar en la apariencia de una araña (figura 1) comparada con la de un alacrán (figura 2) o un vinagrillo (figura 3). Las diferencias al interior del grupo no sólo son morfológicas sino también en aspectos biológicos, como sus ciclos e historias de vida. Dentro de la clase existe la oviparidad, es decir, que ponen huevos, los cuales protegen en capullos como las arañas; o la viviparidad, como ocurre con los alacranes y los tendarapos (Amblypygi) que tienen a sus crías casi completamente desarrolladas y luego las cuidan cargándolas en su espalda (Brusca y Brusca 1990; figura 4).

Todos los arácnidos presentan un proceso de muda para crecer; consiste en deshacerse de su cubierta corporal dura o exoesqueleto para permitir que el organismo crezca y luego se forme y endurezca una nueva cubierta (Brusca y Brusca 1990; figura 5). Esta muda se realiza de manera repetida hasta alcanzar el estado adulto, luego del cual generalmente ya no mudan, aunque se sabe que las tarántulas continúan mudando aún siendo adultas. El tiempo necesario para llegar a la madurez sexual es muy variable, y así como muchas arañas pueden requerir sólo de un año, e incluso una temporada del año, las tarántulas y algunos alacranes requieren de varios más (Brusca y Brusca 1990).

La mayoría de los arácnidos son depredadores activos (figura 6), ya sea de hábitos diurnos o nocturnos, y dependen por tanto de la disponibilidad de presas, sobre todo insectos y otros pequeños invertebrados, razón por la

Ponce-Saavedra, J., A. Valdez-Mondragón, C.E. Santibáñez-López y J.A. Cruz-López. 2019. Los arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 363-368.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. *Nephila clavipes*, araña reportada en Uruapan, Zinapécuaro y Los Reyes. Foto: Ana Quijano-Ravell.

FIGURA 5. *Centruroides ornatus* de la cuenca de Cuitzeo mudando en cautiverio. Foto: Ana Quijano-Ravell.

FIGURA 2. *Kolotl poncei*, alacrán de la familia Diplocentridae. Foto: Ana Quijano-Ravell.

FIGURA 6. Cría de *Centruroides balsasensis*, habitante de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, alimentándose de una larva de coleóptero. Foto: Ana Quijano-Ravell.

FIGURA 3. *Mastigoproctus giganteus*, vinagrillo de la familia Theliphonidae en Uruapan. Foto: Ana Quijano-Ravell.

FIGURA 4. Hembra de *Thorellius* sp. con crías en el dorso, alacrán de la familia Vaejovidae en Carácuaro. Foto: Ana Quijano-Ravell.

que aparentemente son abundantes y frecuentes en las condiciones naturales donde se localizan sus presas.

Aunque se dispone de poca documentación, muchas especies de arácnidos están siendo disminuidas o han sido extintas localmente por efecto de la modificación, degradación o destrucción de su hábitat natural o de la vegetación que soporta a las poblaciones de presas potenciales necesarias para los arácnidos.

DIVERSIDAD

México, como país megadiverso, alberga los 11 órdenes de arácnidos antes mencionados. Se tienen reportadas cerca de 5 571 especies de las casi 100 mil reconocidas en el mundo (Francke 2010, 2011, Platnick 2012, Monjaraz-Rueda 2012). Los órdenes más diversos y numerosos son Acari y Araneae, siendo también los grupos más estudiados. Los ácaros, las arañas y los escorpiones son los grupos más estudiados en México (Francke 2011, Hoffmann 1976), con énfasis en ciertas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 7. Representantes de ocho órdenes de arácnidos presentes en el estado: a) *Acanthophrynus coronatus* (Amblypygi: Phrynidae) de Carácuaro; b) *Leiobonum* sp. (Opiliones: Sclerosomatidae) de Morelia; c) pseudoscorpiones de la familia Chernetidae de San Juan Nuevo, Uruapan; d) Solifugae de la familia Ammotrechidae del cerro El Águila de Morelia; e) *Mastigoproctus giganteus* (Telyphonida: Telyphonidae) de Uruapan; f) *Latrodectus mactans* (Araneae: Theridiidae) de Morelia, g) *Centruroides balsasensis* (Scorpiones: Buthidae), h) familia Trombidiidae (Acari). Fotos: Ana Quijano-Ravell (a, b, d, e, h); Javier Ponce-Saavedra (c, f, g).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

regiones que han despertado mayor interés en los investigadores (p.e. las penínsulas de Baja California y Yucatán); sin embargo, el estudio de los arácnidos es aún escaso para la mayoría de los órdenes menores, como los amblypígidos, solífugos y escorpiones (véase Estudio de caso. Otros arácnidos: amblipygidos, opiliones, pseudoescorpiones y alacranes, en esta obra; figura 7).

Para Michoacán se tiene registro formal de ocho órdenes: a) Amblypygi; b) Opiliones; c) Thelyphonida (=Uropygi); d) Solifugae; e) Pseudoscorpiones; f) Araneae; g) Scorpiones; h) Acari (Hoffmann 1976, Jiménez 1996, Beutelspacher 2000, Ponce-Saavedra y Beutelspacher 2001, Ponce-Saavedra 2005).

Sin considerar los ácaros, ya que en general se les trabaja por separado (véase apéndice 43 en Ácaros (Arachnida: Acari), en esta obra), en Michoacán se tienen registros para 54 familias, 184 géneros y 314 especies de arácnidos (incluyendo 150 especies de arañas y una de opiliones que esperan ser descritas; apéndices 44 y 45 de estudios de caso Diversidad de arañas y Otros arácnidos, respectivamente).

El orden con mayor número de especies es Araneae, con 261 (150 no determinadas), 158 géneros (seis no determinados) correspondientes a 41 familias, según lo recopilado por Valdez Mondragón en su contribución sobre el orden Araneae incluida en esta obra (apéndice 44).

Los endemismos son relativos, ya que de forma constante se están registrando nuevas localidades y áreas en las que se encuentran las especies. Sin embargo, se pueden resaltar endemismos para la tarántula *Brachypelma auratum* para Michoacán, y los alacranes *Centruroides balsasensis, Kuarapu purhepecha, Balsateres cisnerosi, Konetontli kuarapu, Diplocentrus churumuco* y *Kolotl poncei* para la Depresión del Balsas-Tepalcatepec (Ponce-Saavedra 2005, Francke y Ponce-Saavedra 2010, Santibáñez-López *et al.* 2014, González-Santillán y Prendini 2014; véase Otros arácnidos, en esta obra).

DISTRIBUCIÓN

Los arácnidos son animales que pueden encontrarse en diversos hábitats, por lo que geográficamente se pueden considerar cosmopolitas. En México se tiene información sobre la distribución geográfica de alacranes y arañas como los grupos mejor conocidos de la clase Arachnida. Los climas tropicales, subtropicales y ambientes desérticos tienen diversidad de arácnidos conocidos (Ubick *et al.* 2005).

En la entidad se encuentra un sesgo en las diferentes provincias fisiográficas representadas en los trabajos de inventario o colecciones, ya que el Sistema Volcánico Transversal reúne la mayor cantidad de registros (casi 70%), sin duda debido a la ubicación de la Facultad de Biología de la UMSNH y a dos grandes proyectos de inventario florístico y faunístico realizados recientemente, uno en la zona de la cuenca del Lerma-Santiago y otro en la microcuenca del río Cupatitzio. La Depresión del Balsas-Tepalcatepec y la zona de la Altiplanicie tienen menor cantidad de registros, al igual que la Llanura Costera.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Los arácnidos en su mayoría son depredadores activos, forman parte importante de las diferentes redes tróficas en los sistemas ecológicos, pero también son presas potenciales para una variada gama de pequeños mamíferos, reptiles y aves (Brusca y Brusca 2005).

Desde el punto de vista económico hay dos vertientes de interés. La primera es médica, e incluye algunas arañas y alacranes de importancia en problemas de salud pública, como el aracnoidismo y el alacranismo. La segunda es la comercialización, ya que algunas arañas, como las tarántulas (*Brachypelma* spp.), y algunos alacranes son vendidos como mascotas. Culturalmente los arácnidos forman parte de la historia humana, lo cual se refleja en diversas formas que van desde representaciones artísticas hasta religiosas. Es común que este grupo cause miedo (aracnofobia: miedo irracional a los arácnidos), pero se debe al poco conocimiento que de ellos se tiene.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Hay poca información que soporte el estado de conservación de los diferentes tipos de arácnidos. Aunque de las tarántulas se tiene mayor información debido al uso comercial que se les da, no hay fundamentos, por ejemplo, para considerar a todo el género *Brachypelma* como en riesgo o incluso en peligro de extinción (véase Estudio de caso. Arañas araneomorfas y migalomorfas (Arachnida: Araneae), en esta obra), ya que hay varias especies con distribución amplia y poblaciones abundantes en la entidad (Mendoza 2012).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Los arácnidos dependen en gran medida de las condiciones en que se encuentren los ecosistemas en los que habitan, debido a las estrechas relaciones que establecen con sus presas, refugios y sitios de anidación (Polis 1990, Foelix 1996). Por lo anterior, deberán conside-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

rarse como amenazas primarias, para el grupo, las modificaciones, transformaciones y destrucción que ocurren en su hábitat.

La comercialización de las tarántulas (*Brachypelma*) y algunas especies de alacranes es una actividad que afecta y disminuye de forma importante sus poblaciones silvestres, con el impacto que esto significa en los ambientes en que habitan.

Aunado a lo anterior, los arácnidos son un grupo que en general no goza de simpatía entre los humanos y su presencia generalmente no es tolerada, a pesar de que la gran mayoría no son peligrosos.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Aunque los arácnidos en general no son especies emblemáticas que se utilicen para programas de conservación, las tarántulas son las más conocidas en este sentido y se les ha protegido incluyéndolas en las normas oficiales, combatiendo su comercio ilegal y regulando su comercio legal. En la entidad, la existencia de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, representa una acción concreta que disminuye la captura y comercio de estos animales, aunque es evidente que no fueron las tarántulas el objetivo primario de su decreto.

De otros órdenes, como los solífugos, amblipígidos u opiliones, incluso se desconoce su existencia, o bien no se consideran como especies a conservar, como es el caso de los alacranes.

Los arácnidos se conservarán en la medida en que los ecosistemas sean protegidos con programas específicos para ello, tanto en áreas relativamente pequeñas como las reservas decretadas en el estado que pretenden conservar grandes ecosistemas.

VACÍOS DE INFORMACIÓN

El conocimiento de los arácnidos es pobre con respecto a la diversidad que se estima existe. En alacranes se tienen al menos ocho especies por describir, mientras que en arañas hay 12 familias, con el registro de una sola especie y al menos ocho géneros y 130 especies que deben describirse. Los opiliones también tienen registros con al menos un género y ocho especies nuevas que deben ser descritas.

La falta de interés por incentivar la investigación básica enfocada hacia el conocimiento de la biodiversidad en los diferentes ecosistemas se refleja en la escasa producción de información referente a los grupos de invertebrados en general, y de los arácnidos en particular. Como consecuencia, los centros e instituciones encaminados al conocimiento de la biodiversidad no desarrollan este tipo de trabajos y no forman taxónomos que puedan participar en la solución del problema, a pesar de que México es considerado megadiverso (Jiménez 1996).

De los arácnidos sólo se conocen 5% del total mundial (Francke 2011); hace falta conocer un gran número de las especies actualmente reportadas.

CONCLUSIONES

El grupo de los arácnidos es uno de los menos conocidos, no sólo en el estado, sino en el país, y quizás en la mayor parte del mundo. Las arañas son el grupo mejor conocido seguido por los alacranes; sin embargo, hay otros grupos que se han trabajado muy poco, como los opiliónidos, amblipígidos (tendarapos o teneches), telifónidos (vinagrillos), solífugos y esquizómidos, por mencionar los de mayor tamaño.

Muchas especies de arácnidos tienen una interacción estrecha con el humano (sinantrópicas), sin embargo, el conocimiento sobre su diversidad, hábitos y ciclos de vida no está en proporción a la importancia que eso representa. Se debe dedicar mayor atención a especies de importancia médica.

REFERENCIAS

Beccaloni, J. 2010. *Arachnids.* Natural History Museum, Cromwell Road, Londres.

Beutelspacher, C.R. 2000. *Catálogo de los alacranes de México.* UMSNH, México.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados.* McGraw-Hill Interamericana de España S.L., España.

Foelix, R.F. 1996. *Biology of Spiders.* Oxford University Press. Oxford.

Francke B., O.F. 2010. *Especies de escorpiones en México.* Instituto de Biología-UNAM. En: <*http://www.ibiologia.unam.mx/html/mexico.html*>, última consulta: 12 de octubre de 2012.

——. 2011. La aracnología en México: pasado, presente y futuro. En: *Memorias y resúmenes del III Congreso Latinoamericano de Aracnología*. Quindío, Colombia, pp. 43-50.

Francke, O.F. y J. Ponce-Saavedra. 2005. A new Vaejovis (Scorpiones: Vaejovidae) with a subaculear tooth from Michoacan, Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología* 12:63-68.

——. 2010. A new genus and species of scorpion (Scorpiones: Vaejovidae) from Michoacan, Mexico. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 46:51-57.

González-Santillán, E. y L. Prendini. 2013. Redefinition and generic revision of the North American vaejovid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, with descriptions of six new genera. *Bulletin of The American Museum of Natural History* 382:1-71.

Hoffmann, A. 1976. *Relación bibliográfica preliminar de las arañas de México (Arachnida: Araneae).* Instituto de Biología-UNAM. Publicaciones especiales, núm. 3.

Jiménez, M.L. 1996. Araneae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* E. Llorente-Bousquets, A.N. García-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Vol. I. IBUNAM/CONABIO/Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 83-102.

Mendoza, J.I. 2012. *Unidad de manejo para la conservación y vida silvestre. Arachnida: reproducción, exhibición e investigación en tarántulas*. En: *<http://www.arachnida.com.mx/>*, última consulta: 10 de mayo de 2013.

Monjaraz-Ruedas, R. 2012. *Catálogo de esquizómidos (Arachnida: Schizomida) de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), UNAM, con la descripción de una nueva especie de* Stenochrus Chamberlin*, 1922 (Schizomida: Hubbardiidae) de México.* Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Platnick, N. 2012. The world spider catalog, version 13.0. American Museum of Natural History. En: *<http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog>*, última consulta: 10 de mayo de 2013.

Polis, G.A. 1990. *The biology of scorpions*. Standford University Press, EUA.

Ponce-Saavedra, J. 2005. Insectos y arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado.* L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 90-94.

Ponce-Saavedra, J. y C.R. Beutelspacher. 2001. *Alacranes de Michoacán.* UMSNH/Ediciones Michoacanas, México.

Santibáñez-López, C.E., O.F. Francke y L. Prendini. 2014. *Kolotl*, n. gen. (Scorpiones, Diplocentridae), a new scorpion genus from Mexico. *American Museum Novitates* 3815.

Ubick, D., P. Paquin, P.E. Cushing y V. Roth. 2005. *Spiders of North America: an identification manual*. Ed. American Arachnological Society, EUA.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ácaros (Arachnida: Acari)

MARGARITA VARGAS SANDOVAL

INTRODUCCIÓN

Debido a que los ácaros son en su mayoría organismos microscópicos, fue a partir del desarrollo de la microscopía que se le dio un gran impulso a su estudio, mismo que se ha expandido en los últimos 25 años, de tal forma que actualmente la acarología es una disciplina independiente.

Los ácaros son animales del *phylum* Arthropoda, *subphylum* Quelicerata, pertenecientes a la clase Aracnida, subclase Acari. Aun cuando el origen monofilético o polifilético de los ácaros no está resuelto, recientemente la teoría de que es un grupo monofilético ha dominado (Lindquist 1984, Evans 1992). La clasificación más reciente considera tres superórdenes:

1) Opilioacariformes, con un orden y una familia (Opilioacarida: Opilioacaridae)
2) Acariformes, con dos divisiones: los Sarcoptiformes (Oribatida y Astigmata) y los Trombidiformes (Prostigmata); además, se reconoce a un grupo derivado de los Acariformes denominado Endostigmata, que se trata como un suborden de los Prostigmata
3) Parasitiformes, está representado por los órdenes Ixodida, Holothyrida y Mesostigmata

DESCRIPCIÓN

Los ácaros están formados por dos tagmas o regiones del cuerpo: gnatosoma (cabeza) e idiosoma (cuerpo) y como todos los quelicerados poseen un par de quelíceros (apéndices con los que se alimenta), un par de pedipalpos (apéndices como patas al servicio de la boca) y cuatro pares de patas, a excepción de las larvas que sólo presentan tres pares (Krantz y Walter 2009). El idiosoma que conforma el cuerpo de los ácaros tiene gran variedad de formas, en la parte dorsal puede presentar sitios más esclerosados en forma de placas o escudos que pueden estar ornamentadas, en algunos grupos estas placas cubren todo el cuerpo y en otros no existen. Las patas están formadas por siete artejos: coxa, trocánter, fémur, genua, tibia, tarso y pretarso. Algunas estructuras, como el epistoma (membrana que cubre la parte dorsal del gnatosoma) y las sedas (número, forma y tamaño), son importantes desde el punto de vista taxonómico para la identificación de las especies.

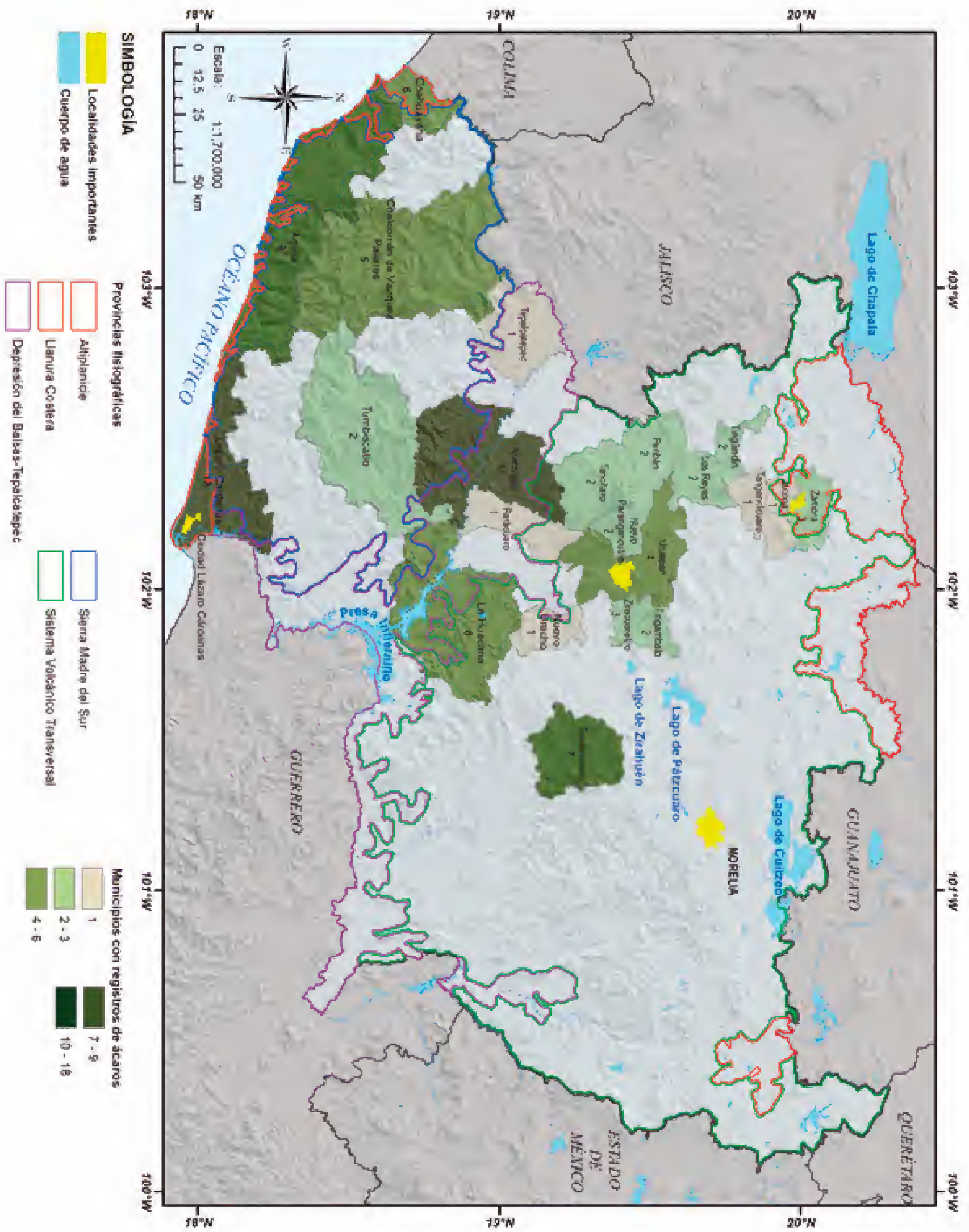
Los ácaros, al igual que todos los arácnidos, tienen cuatro pares de patas cuando son adultos y ninfas, y pueden variar, ya que la larva sólo presenta tres pares, a excepción de la familia Eriophydae que tienen dos pares.

DIVERSIDAD

Los ácaros constituyen el grupo más numeroso y biológicamente más diverso dentro de los arácnidos (cerca de 55 mil especies descritas a

Vargas-Sandoval, M. 2019. Ácaros (Arachnida: Acari). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 369-375.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA


SIMBOLOGÍA
Localidades importantes
Cuerpo de agua
Provincias fisiográficas
Altiplanicie
Llanura Costera
Depresión del Balsas-Tepalcatepec
Sierra Madre del Sur
Sistema Volcánico Transversal
Municipios con registros de ácaros
1
2 - 3
4 - 6
7 - 9
10 - 16
Escala: 1:1,700,000
0 12.5 25 50 km
N
S
W
E
Lago de Chapala
Lago de Pátzcuaro
Lago de Zirahuén
Lago de Cuitzeo
Presa Villerías
OCÉANO PACÍFICO
COLIMA
JALISCO
GUANAJUATO
MORELIA
GUERRERO
ESTADO DE MÉXICO
QUERÉTARO
Ciudad Lázaro Cárdenas
Tumbiscatío
Coalcomán de Vázquez Pallares
Aquila
Tepalcatepec
Tancítaro
Los Reyes
Zamora
Jacona
Tangamandapio
Ferrión
Nuevo Parangaricutiro
Zacapú
Uruapan
Tingambato
Pátzcuaro
Tlalpujahua
Nuevo Urecho
La Huacana
Nahuatzen
Cherán
Tarímbaro
Zinapécuaro
Tlalnepantla
Cuitzeo
Copándaro
Cuitzeo
Tlalpujahua
Nuevo Urecho
Tarímbaro
Zinapécuaro
Tlalnepantla

nivel mundial), además de que es uno de los grupos zoológicos que se ha adaptado a todos los ambientes del planeta. Es importante resaltar que en una estimación conservadora se conocen cerca de 10% de las especies que potencialmente habitan el planeta (Walter y Proctor 2013). En México se han registrado alrededor de 2 700 especies, apenas 4.8% de las especies conocidas en todo el mundo, lo que se considera una cifra muy pequeña tomando en cuenta la biodiversidad del país (CONABIO 2008, Pérez *et al.* 2013).

En la literatura y en la colección de ácaros de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, para la entidad se tienen 171 registros, pertenecientes a 45 familias, 96 géneros y 116 especies; cinco pudieron determinarse sólo hasta familia y 39 sólo hasta género, particularmente para *Leptus* y *Rhaphignatus* se sabe que existen varias especies, sin indicar la identificación.

De las especies registradas para el estado, 18 tienen importancia médica y veterinaria y 34 relevancia agrícola, ya sea como plagas o como posibles controladores de plagas (apéndice 43).

DISTRIBUCIÓN Y REGISTROS DE LAS ESPECIES

Muchos de los registros refieren sólo a Michoacán y se precisan 25 localidades de 22 municipios. En donde se han registrado más especies es en la localidad de Caleta de Campos (18 especies identificadas); seguida de Apatzingán y Tacámbaro (7 especies cada una); a continuación Cenobio Moreno y La Huacana (6 especies); Coalcomán, Mexiquillo y San Telmo (5 especies); para el resto de las localidades se han identificado 4 especies o menos. La mayoría de los registros se encuentran en la región de Tierra Caliente y hacia el centro y noroeste del estado, quedando casi inexplorados la parte este y norte (figura 1).

IMPORTANCIA

La importancia ecológica de las especies de ácaros radica sobre todo en que forman parte de los primeros eslabones de las redes alimentarias. Algunas especies como *Amblyseius* sp. y *Euseius hibisci* son utilizadas en control biológico de plagas, y otras como *Limnesia maculata* (Limnesiidae) sirven como bioindicadores de condiciones ambientales (Walter y Proctor 2013).

Los ácaros asociados con aves y mamíferos silvestres no tienen importancia económica para el ser humano, su relevancia radica en el conocimiento de la fauna y algunos procesos evolutivos que le ligan estrechamente al huésped con el que se asocian. Algunos ejemplos son las familias Macronyssidae y Spinturnicidae (figura 2), asociados a murciélagos y otros a roedores como los de la familia Laelapidae, Myobiidae y Trombiculidae (figuras 3a-c).

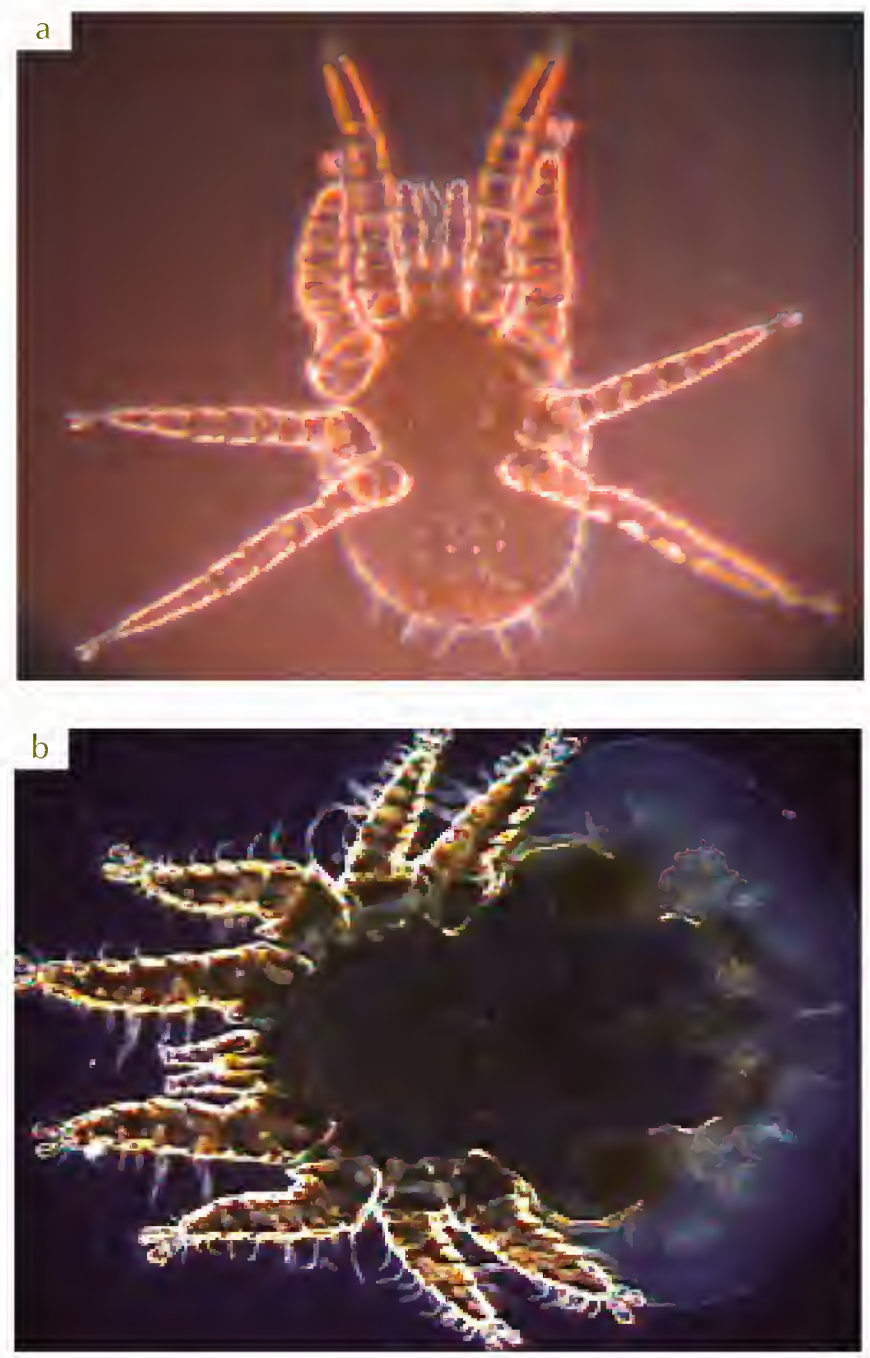


FIGURA 2. Ácaros asociados a murciélagos: a) *Macronyssus* sp., b) *Periglischrus caligus*. Fotos: Margarita Vargas.

Muchas especies de ácaros juegan un papel importante en salud pública y en la agricultura; por ejemplo, los ácaros del polvo, además de provocar alergias en el ser humano pueden producir grandes pérdidas en alimentos almacenados (Walter y Proctor 2013).

Desde el punto de vista médico y veterinario hay especies que transmiten patógenos, como es el caso de las garrapatas de los géneros *Amblyomma, Ixodes* y *Rhipicephalus* (figuras 4a-c), que son capaces de transmitir virus, bacterias y protozoarios al ser humano y a sus animales domésticos. En la población humana se estima que 10% sufre de asma por alguna especie de ácaro, por mencionar solo algunas de las muchas afectaciones de importancia en salud pública (Cooley y Kohls 1942, Jones *et al.* 1972, Guzmán-Cornejo *et al.* 2007).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Ácaros asociados a roedores: a) *Androlaelaps* (*Haemolaelaps*) *casalis,* b) Myobiidae, c) larva de Trombiculidae. Fotos: Margarita Vargas.

FIGURA 4. Garrapatas de importancia médica y veterinaria: a) *Amblyomma cajenense* (macho), b) *Ixodes* sp., c) *Rhipicephalus microplus,* d) *R. sanguineus.* Fotos: Margarita Vargas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

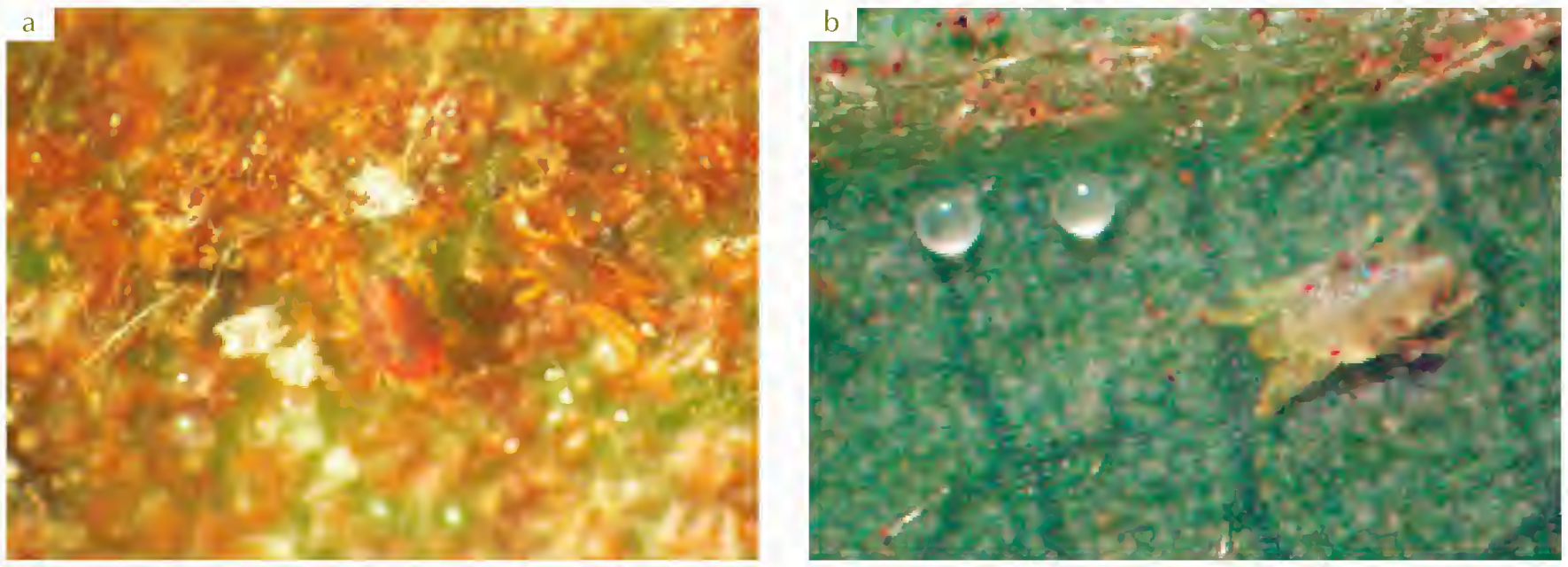


FIGURA 5. Ácaros en aguacate: a) *Oligonychus punicae* sobre el haz de la hoja (macho y hembra), b) *O. perseae* sobre el envés (dos huevos y un macho). Fotos: Margarita Vargas.

Otras especies como *Sarcoptes scabiei* causan enfermedades epidérmicas, como la sarna en humanos y en cerdos (*S. scabiei* var. *suis*).

En México se conocen varias especies de ácaros que actúan como plagas y que llegan a causar daños invaluables en la economía del país (Hoffmann y López-Campos 2000), especialmente en lo que se refiere a la actividad agrícola. En ese contexto, el conocimiento del acervo de especies de ácaros y su papel como plagas en cultivos y causantes de enfermedades es de suma importancia.

La economía del estado es agropecuaria por excelencia, es el primer productor nacional de aguacate (SAGARPA 2011, SIAP 2015), tercero en garbanzo y limón, y cuarto en ajonjolí y sorgo; en cuanto al valor de la producción de fresa es el número uno en México (SIAP 2015). La ganadería es otra de las actividades importantes en el estado, ya que junto con Veracruz y Jalisco, Michoacán es uno de los principales productores de ganado bovino, y también se produce carne de cerdo y de aves (Ferreiro y Rivas-Tovar 2005). Es fundamental para Michoacán, siendo un importante productor agrícola, conocer los ácaros que representan plagas para sus cultivos. Del aguacate se conocen los ácaros que han llegado a causar daños graves, por ejemplo, el ácaro café del aguacate (*Oligonychus punicae*; figura 5a) y el ácaro cristalino (*O. perseae*; figura 5b). Otro ejemplo es la araña roja (*Tetranychus urticae*), plaga de la fresa que ha causado estragos en Zamora. Cabe mencionar que para los ácaros plaga, si se hace un diagnóstico adecuado, se pueden proponer alternativas al control químico utilizando insectos y otros ácaros como una forma de control biológico (Estrada-Venegas *et al.* 2002, Coria-Ávalos 2008, Alfaro-Zaragoza 2012).

Otros productos en los que también se reportan daños por este grupo de arácnidos son el maíz, los cítricos, etc. (Rodríguez-Navarro y Estébanes-González 1998). El primero se ve afectado por ácaros de la familia

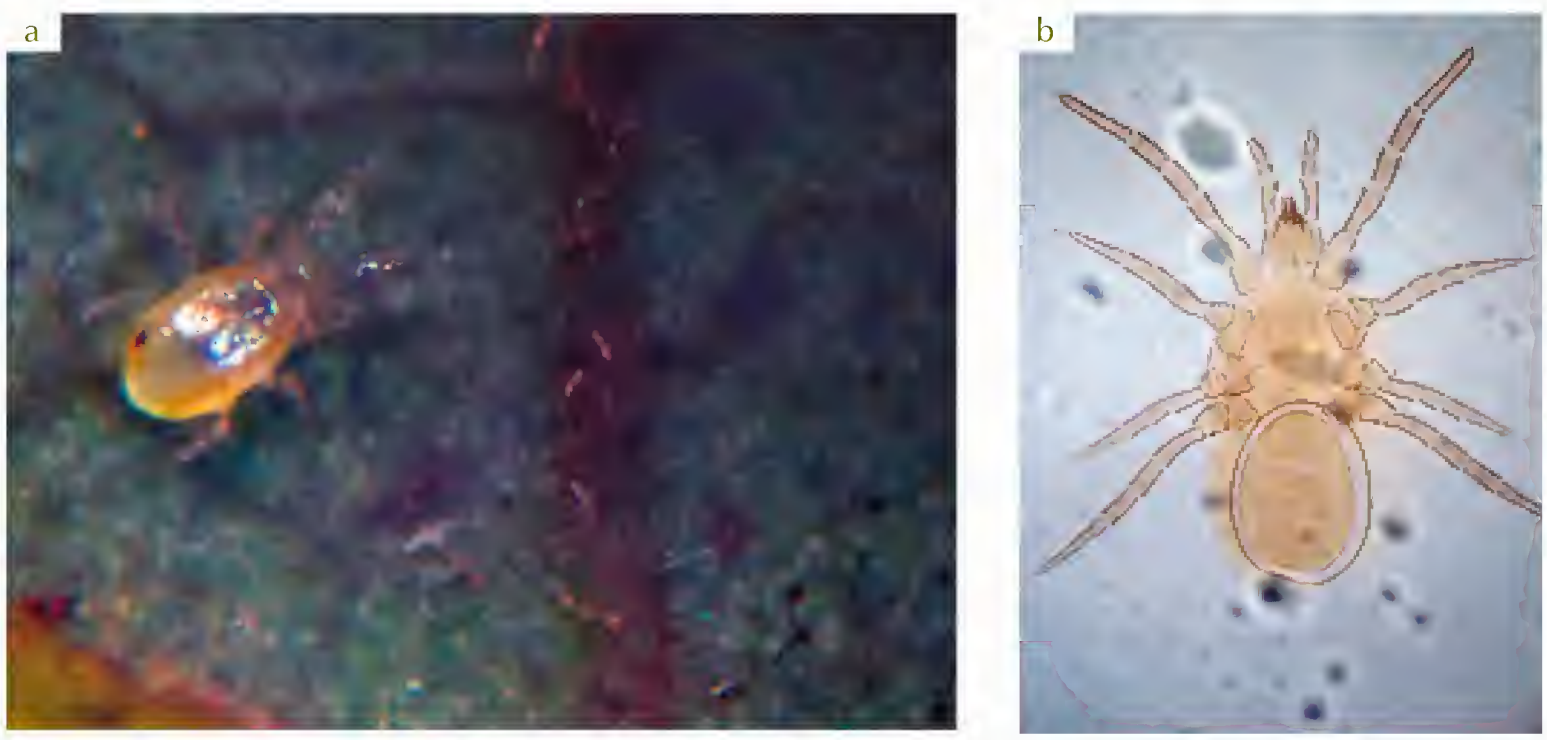


FIGURA 6. Ácaros de la familia Phytoseidae utilizados para control biológico: a) sobre la hoja de aguacate, b) hembra con huevo en el interior. Fotos: Margarita Vargas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tetranychidae, por las especies *Oligonychus modestus, O. sticknery, O. mexicanus*; y los cítricos son atacados por ácaros de la misma familia (*Eutetranychus lewisi, E. yumensis, Tetranychus pacificus*), y de la familia Eriophyidae (*Phyllocoptruta oleivora*). Cabe señalar que también se encuentran ácaros que son utilizados para control biológico de otros ácaros que son plaga, entre los más importantes se encuentran varias especies de la familia Phytoseiidae (figura 6).

En lo que respecta a la ganadería, las garrapatas *A. cajenense* y *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (figuras 4a y c) causan pérdidas económicas considerables en el ganado, además que transmiten enfermedades a los animales domésticos y al ser humano (Márquez-Jiméneza *et al.* 2005).

CONCLUSIONES

En México existen grupos completos de ácaros para los cuales aún no se tienen registros en Michoacán, como los del orden Opilioacarida, los subórdenes Sejida, Triginaspida, Endostigmata, y otros pobremente estudiados como los Heterostigmata, con la familia Tarsonemidae, con sólo dos especies registradas: *Tarsonemus confusus* en aguacate y *Steneotarsonemus pallidus* en zarzamora; ninguna se reporta que esté causando daño (Rodríguez y Estébanes 1998, Estrada-Venegas *et al.* 2002).

Para los ácaros del suborden Oribatida, aún cuando son uno de los grupos más diversos, se cuenta con pocos registros de especies identificadas a nivel de género en guano de murciélago (Hoffmann y López-Campos 2000); además de que se conocen varias especies en otros animales (Gaxiola *et al.* 1997, Sheeler-Gordon y Owen 1999).

No se tienen inventarios completos de la biodiversidad de este grupo a nivel nacional ni estatal. En general, la falta de diagnóstico e identificación apropiada de las especies de ácaros limita el conocimiento del número de especies presentes en la entidad, así como los daños que ocasionan y cómo se pueden controlar. Por eso es imperativo llevar a cabo más investigaciones para conocer la diversidad que tiene ese grupo, lo que permitirá conocer las interacciones que establecen con otros organismos, los daños que ocasionan, así como las posibles especies que pueden ser utilizadas para control biológico.

REFERENCIAS

Alfaro-Zaragoza, M. 2012. Manejo integrado del ácaro de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch) en el centro de México. En: *<http://edialogo.ning.com/group/mp/forum/topics/manejo-integrado-del-acaro-de-dos-manchas-tetranychus-urticae?xg_source=activity>*, última consulta: 20 de febrero de 2013.

Bassols, I. 1976. *Organismos depositados en la colección de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.* IPN, determinados por IBB.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México.

Coria-Ávalos, V.M. 2008. *Tecnología para la producción de aguacate en México.* Libro Técnico núm. 8. SAGARPA/INIFAP, Uruapan.

Cooley, R.A. y G.M. Kohls. 1942. *Ixodes mexicanus* n. sp. e *Ixodes tancitarus* n. sp.: dos nuevas garrapatas mexicanas (Acarina, Ixodidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 3:149-154.

Estébanes-González, M.L. y F. Cervantes. 2005. Mites and ticks associated with some small mammals in Mexico. *International Journal of Acarology* 31:23-37.

Estébanes-González, M.L. y S. Rodríguez-Navarro. 1998. Algunas especies de ácaros depredadores (Acari: Phytoseiidae) y sus presas (Acari: Tetranychidae; Eriophyidae) en cultivos de importancia económica en México. *Folia Entomológica Mexicana* 102:77-79.

Estrada-Venegas, E.G., S. Rodríguez-Navarro y J.A. McMurtry. 2002. Some avocado mites from Michoacán, Mexico. *International Journal of Acarology* 28(4):387-393.

Evans, G.O. 1992. *Principles of acarology.* CAB International, Wallingford.

Ferreiro, J.C. y L.A. Rivas-Tovar. 2005. Competitividad de la agroindustria del estado de Michoacán, México. *Revista del Centro de Investigación, Universidad La Salle* 6(24):93-107.

Gaxiola, S.M., I.F. Obregón, M.T. Quintero *et al.* 1997. Prevalencia de *Rhipicephalus sanguineus* en cánidos de dos colonias de diferente nivel socioeconómico de Culiacán, Sinaloa. En: *Proceedings of the 13th Congreso Latinoamericano de Parasitología.* Federación Latinoamericana de Parasitología, La Habana.

Guzmán-Cornejo, C., R.G. Robbins y T.M. Pérez. 2007. The Ixodes (Acari: Ixodidae) of Mexico: parasite-host and host-parasite checklists. *Zootaxa* 1553:43-58.

Hoffmann, A. y G. López-Campos. 2000. *Biodiversidad de los ácaros en México. México.* CONABIO, México.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. 2002. Avances en el desarrollo de la frambuesa roja en el estado de Chihuahua. Campo experimental sierra de Chihuahua. México. En: *<http://www.inifap-nortecentro.gob.mx/files/biblioteca/FT2092002636.pdf>*, última consulta: 20 de octubre de 2017.

Jones, E.K., C.M. Clifford, J.E. Keirans y G.M. Kohls. 1972. The ticks of Venezuela (Acari: Ixodidae) with a key to the species of *Amblyomma* in the Western Heemisphere. *Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series* 17:1-40.

Krantz, G.W. y D.E. Walter. 2009. *A manual of acarology.* Texas Tech University Press, EUA.

Lindquist, 1984. Current theories on the evolution of major groups of the acari and on their relationships with other groups of Arachnida, with consequent implications for their clasification. En: *Acarology VI.* D.A. Griffiths y C.E. Browman (eds.). Ellis Horwood Publisher, Nueva York, pp. 28-62.

Márquez-Jiméneza, F.J., A. Hidalgo-Pontiverosa, F. Contreras-Chovab *et al.* 2005. Las garrapatas (Acarina: Ixodida)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

como transmisores y reservorios de microorganismos patógenos en España. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* 23(2):94-102.

Pérez, T.M., C. Guzmán-Cornejo, G. Montiel-Parra *et al.* 2013. Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1-9.

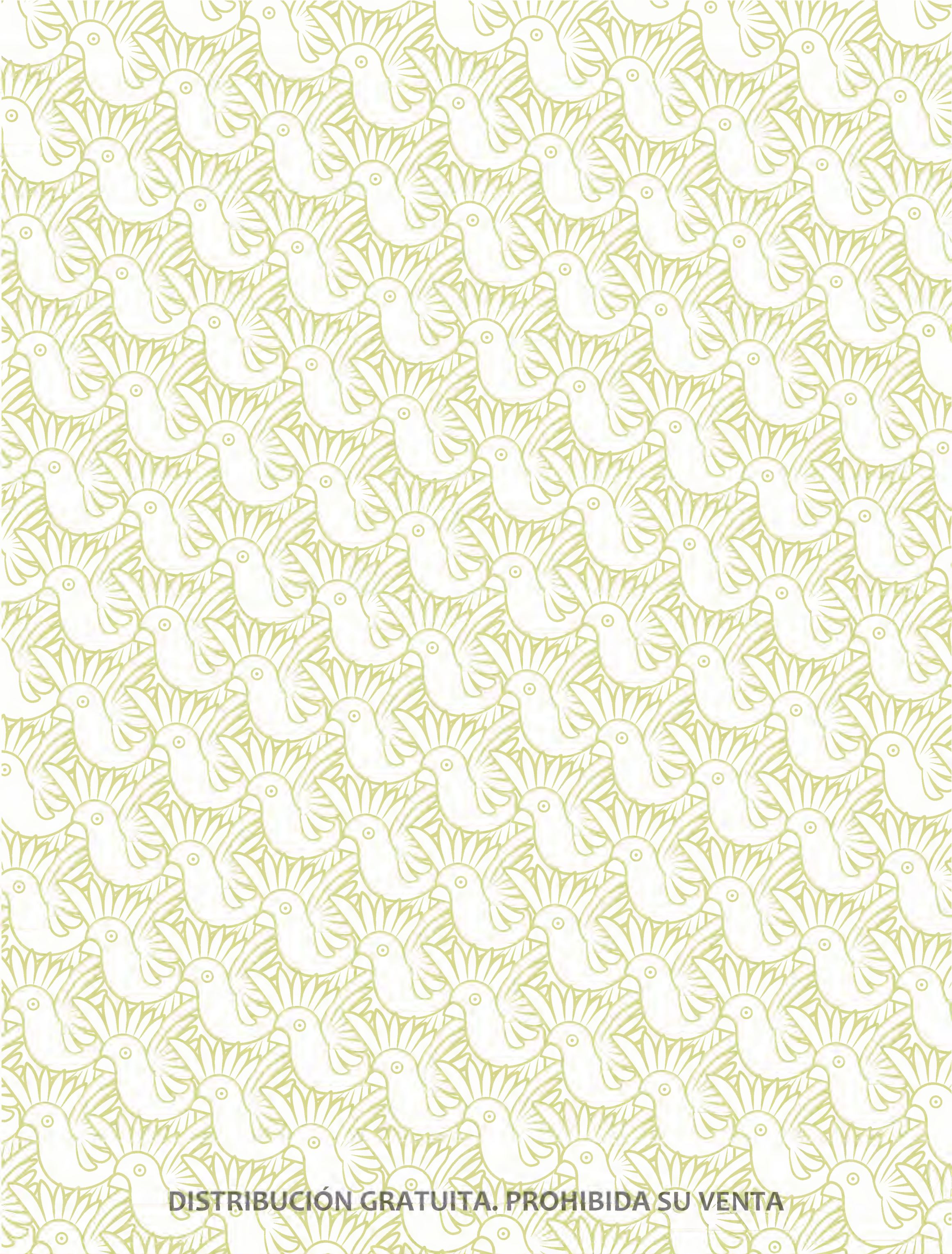
Rodríguez-Navarro, S. y M.L. Estébanes-González. 1998. *Acarofauna asociada a vegetales de importancia agrícola y económica en México.* UAM, México.

Sheeler-Gordon, L.L. y R.D. Owen. 1999. Host tracking or resource tracking? The case of *Periglischrus* wing mites (Acarina: Spinturnicidae) of leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomatidae) from Michoacán, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 76:85-102.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Cierre de la producción agrícola por cultivo. En: *<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>*, última consulta: julio de 2015.

Walter, D.E. y H.C. Proctor. 2013. *Mites: ecology, evolution & behaviour life at a microscale.* Springer, EUA.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Alacranes del género *Centruroides* y su importancia médica

JAVIER PONCE SAAVEDRA Y OSCAR FEDERICO FRANCKE BALLVÉ

Los alacranes del género *Centruroides* pertenecen a la familia Buthidae. En México, este género es el más común y diverso de la familia y el único con importancia médica debido a la toxicidad de su veneno. Se le ha estudiado desde el punto de vista toxicológico y epidemiológico; sin embargo, falta profundizar en su diversidad, distribución y factores asociados a la misma, aunque hoy se ha incrementado su estudio no sólo toxicológico y sistemático, sino también el ecológico y biológico (Polis 1990, Brown 2001, Brown *et al.* 2002, Ponce-Saavedra 2003, Yamashita 2004, Ponce-Saavedra *et al.* 2006, Ponce-Saavedra y Vázquez 2007, Quijano-Ravell *et al.* 2010, 2012; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra 2015*a, b*).

TAXONOMÍA

La situación taxonómica para algunas especies de este género aún no es clara, lo cual ha llevado a determinaciones erróneas y como consecuencia se han descrito patrones de distribución en los que se encuentran confundidas varias especies (Beutelspacher 2000, Ponce-Saavedra y Beutelspacher 2001, Ponce-Saavedra 2003, Ponce-Saavedra y Moreno-Barajas 2005); situación que poco a poco se ha ido clarificando con los trabajos que incorporan métodos morfológicos, morfométricos y moleculares (Towler *et al.* 2001, Ponce-Saavedra 2003, Santibáñez-López y Ponce-Saavedra 2009, Ponce-Saavedra y Francke 2009, 2011; Ponce-Saavedra *et al.* 2009, Baldazo-Monsiváiz *et al.* 2013, González-Santillán y Prendini 2013, Teruel *et al.* 2015).

El género *Centruroides* se consideraba el único representante de la familia Buthidae, hasta que Armas y Martín-Frías (1998*b*) describieron *Tityopsis aliciae* con un ejemplar bastante deteriorado procedente de la zona de Tehuantepec, Oaxaca, especie luego redescrita (Vidal-Acosta y Francke 2009) y posteriormente trasladada al nuevo género *Chaneke* (Francke *et al.* 2014), por lo que hoy en México se tienen dos géneros para esta familia. Varios trabajos más se han enfocado en especies de bútidos debido a su importancia médica (Armas *et al.* 1995, 2003; Armas y Martín-Frías 1998*a, b*; Ponce-Saavedra y Moreno-Barajas 2005, Ponce-Saavedra y Francke 2013*a, b*; Ponce-Saavedra *et al.* 2015, 2016).

HÁBITAT

Los alacranes del género *Centruroides*, como muchos otros bútidos, son casi exclusivos de hábitos pelófilos, lo que significa que viven bajo piedras y generalmente también bajo cortezas, excepto las especies del complejo "thorelli", quienes son de hábitos arborícolas. Algunos individuos pueden llegar a encontrarse en las partes altas de los árboles y palmeras (Polis 1990), como el caso de *C. tecomanus* (Ponce-Saavedra 2003), sin que ese sea su hábito de vida generalizado, sino sólo una forma más en que buscan su alimento.

DIVERSIDAD E IMPORTANCIA MÉDICA

En la actualidad, el género *Centruroides* contiene 89 especies del nuevo mundo (Rein 2013). Para México se han registrado 44 especies de acuerdo con Ponce-Saavedra *et al.* (2016); claramente un número mayor a lo que Lourenço y Sissom (2000) registraron.

Michoacán ocupa el sexto lugar en riqueza de especies de alacranes en el país (figura 1), con 8.85% del total registrado. Actualmente, se registran 25 especies y nueve géneros representantes de tres familias: Buthidae con ocho, Diplocentridae con tres y Vaejovidae con 14 especies (cuadro 1).

El género *Centruroides* está representado por siete especies, de las cuales cinco se consideran de importancia médica (cuadro 2). Esa importancia se define en términos de la toxicidad de su veneno y de si es suficiente como para comprometer la salud de un ser humano adulto e incluso llegar a provocarle la muerte, lo que les convierte en un problema de salud pública. La toxicidad se puede medir como baja, media y alta. Cuando se habla de animales cuya toxicidad es baja, generalmente se refieren a aquellos cuya picadura sólo provoca irritación, dolor localizado, sensación de quemadura, inflamación, sensación de calambres y algún otro síntoma un poco más severo como fiebre o sudoración, sin llegar a situaciones que pongan en riesgo la vida de la víctima de la picadura.

Los alacranes se clasifican en dos categorías, de acuerdo con sus características físicas, los "no rayados"

Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke. 2019. Alacranes del género *Centruroides* y su importancia médica. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 377-383.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

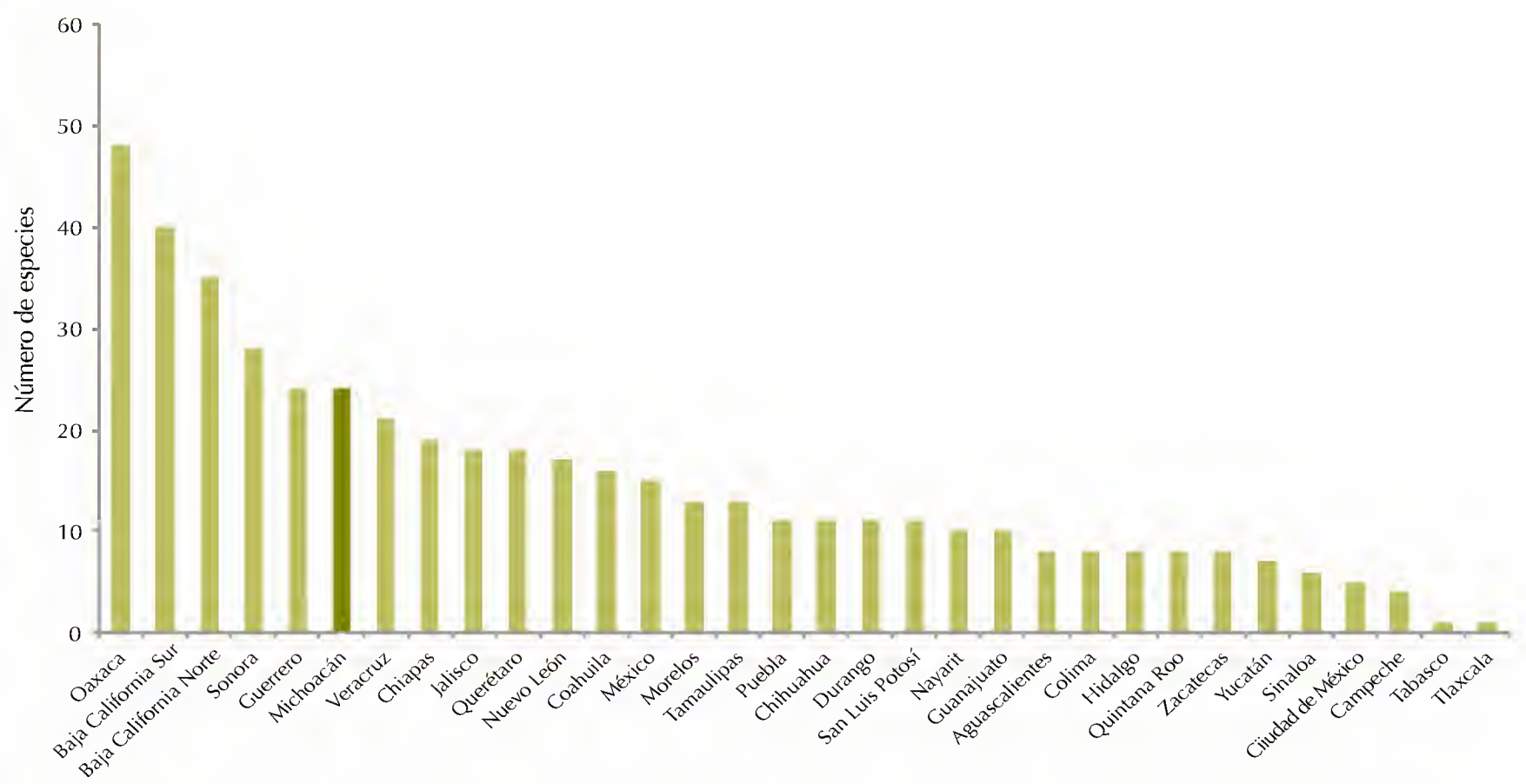


FIGURA 1. Número de especies de alacranes, por entidad federativa. Fuente: elaboración propia con datos de los autores.

CUADRO 1. Especies de alacranes registradas.

Familia	Especie
Buthidae	*Centruroides balsasensis*
	C. bertholdii
	C. infamatus
	C. limpidus
	C. nigrescens
	C. ornatus
	C. tecomanus
	C. ruana
Diplocentridae	*Diplocentrus churumuco*
	D. silanesi
	Kolotl poncei
Vaejovidae	*Balsateres cisnerosi*
	Konetontli kuarapu
	Kuarapu purhepecha
	Mesovaejovis occidentalis
	M. variegatus
	Thorellius atrox
	T. cristimanus
	T. intrepidus
	Vaejovis granulatus
	V. coalcoman
	V. monticola
	V. morelia
	V. nigrescens
	V. pusillus

Fuente: elaboración propia con datos de los autores y de las fuentes consultadas.

que presentan un color uniforme y los "rayados" que presentan líneas pigmentadas a lo largo del cuerpo.

En la categoría de "no rayados" se incluyen especies como *Centruroides bertholdii* (figura 2a); son de color pardo amarillento a marrón, sin bandas negras sobre el dorso. Esta especie fue descrita en una localidad del estado de Jalisco y reportada por Hoffmann (1932). Desde entonces, tanto en el catálogo de alacranes de México (Beutelspacher 2000) como en el catálogo de alacranes del mundo (Fet *et al.* 2000), sólo se registra para Jalisco; sin embargo, se han recolectado ejemplares en las regiones de Uruapan y Tepalcatepec, en Michoacán.

Centruroides nigrescens (figura 2b) es otra especie de coloración negro uniforme. Son animales de tamaño grande (entre 8 y 11 cm de longitud corporal) que habitan en áreas costeras y de montaña de la vertiente del Pacífico, desde Michoacán hasta Oaxaca. Es común en áreas pobladas y se adapta con facilidad a vivir en el interior de casas y construcciones, además de en su hábitat natural, por lo que podría considerarse una especie sinantrópica.

Las seis especies que se consideran de importancia médica pertenecen a la categoría de "rayados" y se describen a profundidad en el cuadro 2 (excepto *C. ruana*); la coloración del carapacho es útil para diferenciar estas especies (figura 3). Los alacranes de esta categoría se dividen en dos grupos, de acuerdo con el patrón de pigmentación de su carapacho: a) *"infamatus"*, que presentan el carapacho con pigmentación obscura cubriendo la mayor parte del mismo, ya sea de manera difusa o intensa, dando la apariencia de que es obscuro (figuras 3c y 4); y b) *"elegans"*, que tienen cuatro líneas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Especies "no rayadas" registradas en la entidad: a) *Centruroides bertholdii* de Tehuantepec, b) *C. nigrescens* de Lázaro Cárdenas. Foto: Javier Ponce-Saavedra.

CUADRO 2. Alacranes de importancia médica.

A. Alacranes "rayados" del grupo *"infamatus"* (animales que característicamente presentan el carapacho con pigmentación obscura cubriendo la mayor parte del mismo, ya sea de manera difusa o intensa, dando la apariencia de que el carapacho es obscuro; figura 3c)

1) *Centruroides infamatus*

Conocido como alacrán de Michoacán en la descripción que hace Hoffmann (1932) de las poblaciones del estado (figura 4a), incluye también a la subespecie *C. infamatus ornatus,* reconocida como *C. ornatus,* especie actualmente válida. Son animales con un tamaño de 5-6 cm, de coloración general amarilla a ocre, con el carapacho obscurecido en la parte anterior y media y difuso hacia los lados, dejando áreas claras en las zonas laterales. En el mesosoma las bandas longitudinales medias son relativamente delgadas y aparentan ser del mismo ancho o más anchas que la banda clara mesal; en general con 21-23 dientes en las hembras y 23-25 en machos. Son animales comunes en zonas templadas y cálidas. Se reconoce su presencia desde Uruapan hasta Tierra Caliente y en las zonas cálidas de la cuenca del lago de Pátzcuaro

De acuerdo con la información de la Secretaría de Salud del Estado de Michoacán, en estas zonas del estado, en 2011 y 2012, se presentó un valor alto de morbilidad, sobre todo para el área de Uruapan (23 y 18%, respectivamente), mientras que para la jurisdicción sanitaria de Pátzcuaro fue de 11 a 12% de un total aproximado de 55 mil casos de alacranismo registrados en ese periodo (figura 5). También se tienen registros de esta especie en Guanajuato, Querétaro, Colima, Nayarit y Jalisco

2) *Centruroides ornatus*

Son animales que presentan coloración que va desde amarillo claro hasta ocre e incluso rojiza. Similares pero más pequeños que *C. infamatus* (4-4.5 cm), su carapacho está obscurecido y sólo deja pequeñas áreas laterales sin pigmento (figura 4b); las bandas longitudinales del mesosoma son claramente más anchas que la banda mesal, en ocasiones dándole apariencia muy obscura (figura 4b); sus peines tienen 17-19 dientes en las hembras y 20-21 en los machos. Sus poblaciones son muy abundantes en el centro y norte de Michoacán, así como en la región de Zamora-La Piedad, ubicadas en la provincia fisiográfica Altiplanicie, en donde es muy probable sean los responsables del 15% de los casos de picadura registrados en esas zonas durante 2011 y 2012 (figura 5). Aunque son animales a los que en general se les ubica dentro del grupo de alacranes de toxicidad media, se tiene registro de una persona adulta fallecida en La Piedad en 2011 (de siete casos mortales) y tres niños (de cuatro casos) en el área de Morelia-Cuitzeo, en 2012, a consecuencia de picadura de alacrán. Esta especie es la más común en áreas templadas e incluso templado-frías del centro, norte y oriente del estado, en altitudes de hasta 2 450 msnm en el valle de Morelia, a diferencia de *C. infamatus,* que es una especie morfológicamente semejante que prefiere condiciones más cálidas, como la mayoría de las especies del género *Centruroides*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

3) *Centruroides ruana*

Animales similares a *C. infamatus*; la especie es endémica de la región de Apatzingán y Felipe Carrillo Puerto (La Ruana), de donde toma su nombre (Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra 2016)

B. Alacranes "rayados" del grupo *"limpidus-elegans"* (animales que como característica presentan cuatro líneas longitudinales obscuras sobre el carapacho, dejando la mayor parte del mismo sin pigmento, dando la apariencia de que el carapacho es de color claro y sólo las líneas y el área ocular presentan pigmento en él; figura 2a)

4) *Centruroides limpidus*

Conocido como "alacrán de Iguala" o "alacrán de Guerrero"; se encuentra ampliamente distribuido en este estado, pero también es común en Puebla, Estado de México, Morelos, Querétaro y Michoacán, además de algunos registros por confirmar en Oaxaca y Jalisco. Son alacranes que miden de 4 a 5 cm, con sus cuatro líneas del carapacho bien definidas, peines con 20 a 23 dientes en las hembras (en general 23) y 22 a 26 en los machos. Típicamente su vesícula presenta un tubérculo subaculear o espina poco o muy poco desarrollada, por lo que a veces es difícil de ver o sólo se encuentra representado por un gránulo. Se distribuye en diferentes zonas del sureste de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, generalmente por arriba de los 600 msnm, en donde puede ser simpátrica con poblaciones de *C. balsasensis*, en partes de municipios como La Huacana, Mújica o Nuevo Urecho. Hacia zonas más altas es la especie dominante en municipios como Nocupétaro, La Huacana y Villa Madero (en este caso capturados en altitudes cercanas a los 2 000 msnm). En estos tres últimos municipios se han registrado casos de muerte por picadura de alacrán en 2011 y 2012. En Zitácuaro, Benito Juárez y Tuzantla son alacranes comunes en campo y casas habitación, alcanzando el municipio de Tzitzio, en los límites con Morelia, sobre el Sistema Volcánico Transversal en altitudes que van de 500 hasta los 1 800 msnm

5) *Centruroides tecomanus*

Este alacrán es nombrado por Hoffmann (1932) alacrán de Manzanillo o alacrán de Colima (figura 6). Es una de las especies mexicanas de mayor toxicidad y, como su nombre lo indica, se encuentra en Colima y fue descrita de la zona de Tecomán. En Michoacán se registra a lo largo de la costa llegando hasta los límites con Guerrero. Recientemente se han registrado poblaciones de esta especie en localidades colindantes de Michoacán y Guerrero, en el municipio de La Unión (Quijano-Ravell *et al.* 2010). Antes reconocida como una subespecie de *Centruroides limpidus* fue registrada por Beutelspacher (2000) para Michoacán, aunque Fet *et al.* (2000) en el *Catálogo de los Alacranes del Mundo* sólo lo registran para Colima. Ponce-Saavedra y Beutelspacher (2001) corrigen algunas determinaciones y dejan 10 localidades ubicadas sobre las provincias fisiográficas Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Llanura Costera, persistiendo algunas malas determinaciones. Después, este problema fue retomado por Ponce-Saavedra y Francke (2004) terminando con la descripción de *Centruroides balsasensis*, especie endémica de la cuenca del Balsas-Tepalcatepec. Recientemente Ponce *et al.* (2009) presentaron evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *C. tecomanus,* separándole de forma definitiva de *C. limpidus*. Morfológicamente no se reconocen diferencias en el conteo de dientes pectíneos (20 a 24 en hembras y 20 a 24 para machos) pero sí en el tubérculo subaculear cónico, dirigido hacia la punta del aguijón y siempre bien desarrollado de esta especie; con pigmento marrón-rojizo en los extremos de los segmentos caudales y los de los pedipalpos incluyendo los dedos, además de la base de peines que es distinta en forma, tanto en hembras como en machos

6) *Centruroides balsasensis*

Aunque el patrón de líneas no es tan claro como en las especies anteriores, debido a que las dos líneas medias y las dos externas en la parte anterior del carapacho están bien definidas, en la parte posterior las líneas medias están poco definidas y las externas están engrosadas hacia el centro, otorgándole una apariencia más obscura a esta parte del carapacho (figura 3b), lo que explica que antes se le identificara como *C. infamatus*. Son alacranes que miden de 5 a 6 cm (figura 7), con conteo de dientes pectíneos relativamente alto (22 a 25 en hembras y 24 a 28 en machos). Descrito de localidades de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, en específico en la zona conocida como el Bajo Balsas; actualmente, se le encuentra además de en Michoacán, en localidades de Guerrero, México, Morelos y Puebla, siempre en la Cuenca del Balsas, aunque hay un registro muy probable de un ejemplar introducido en la Ciudad de México

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

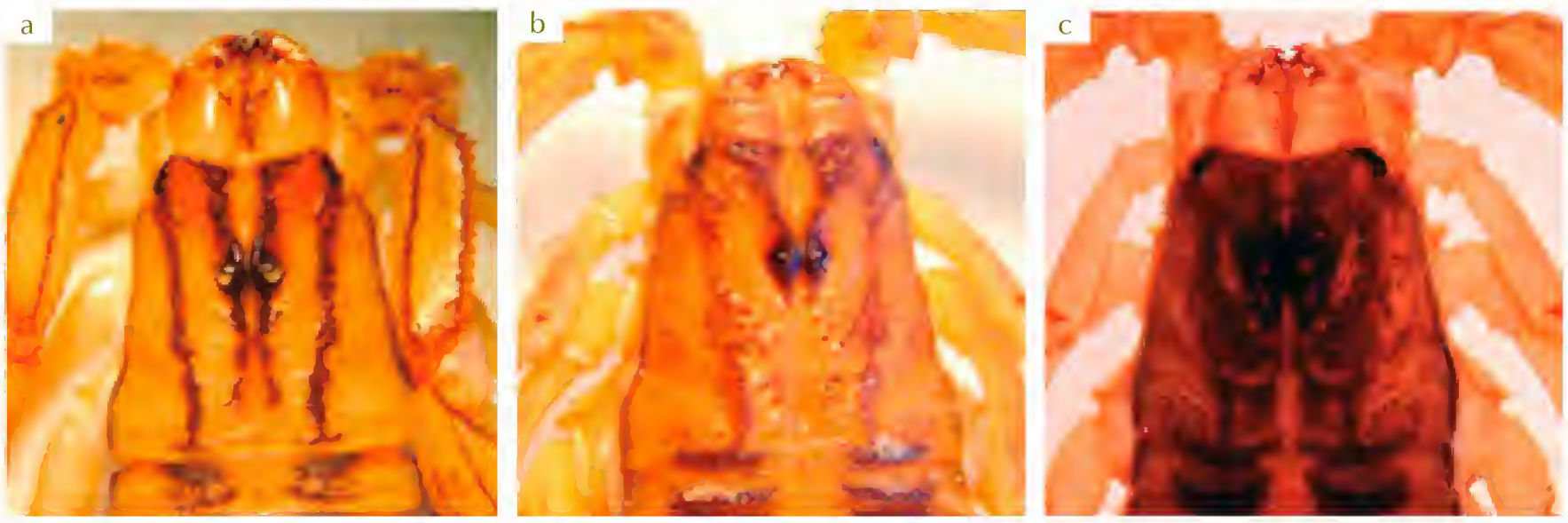


FIGURA 3. Diferentes patrones de pigmentación del carapacho en las especies "rayadas": a) *Centruroides tecomanus*, b) *C. balsasensis*, c) *C. infamatus*. Fotos: Javier Ponce-Saavedra.

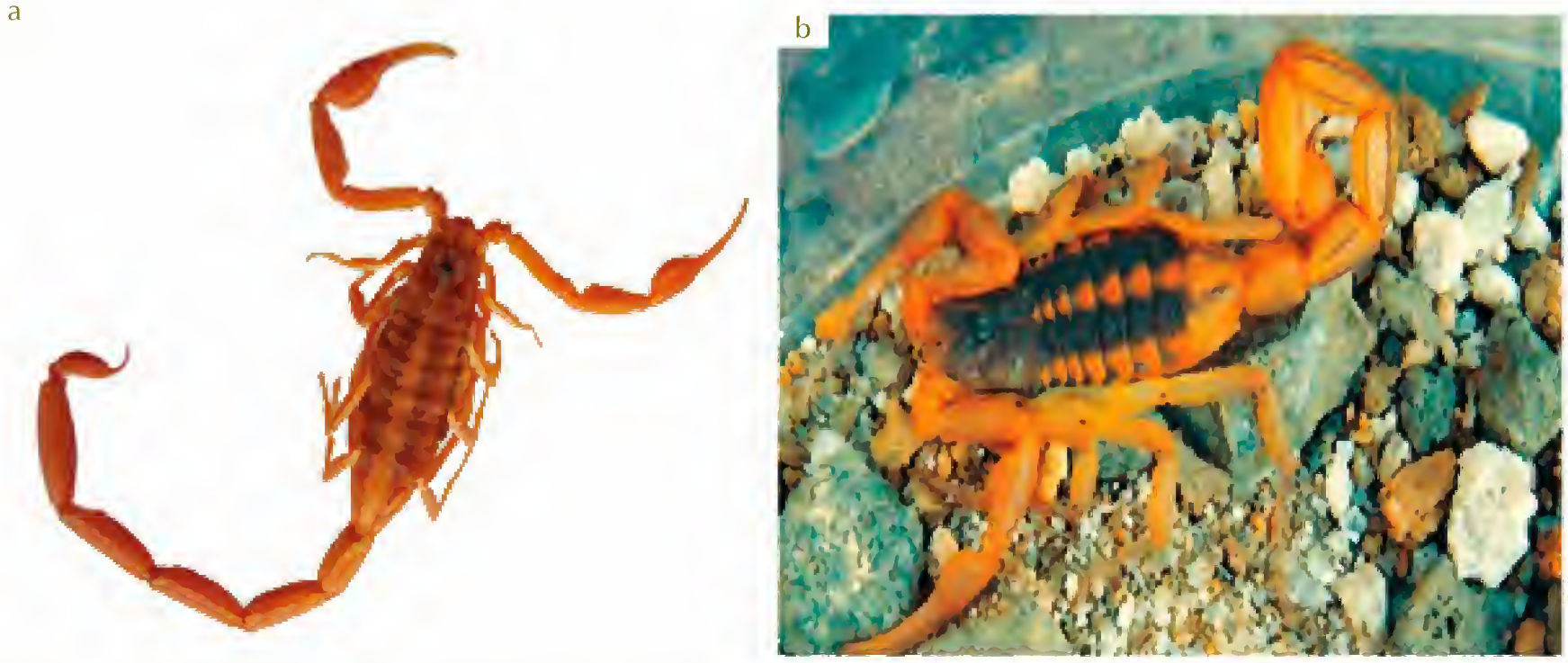


FIGURA 4. Especies del grupo *"suffusus-infamatus"*: a) *Centruroides infamatus*, b) *C. ornatus*. Fotos: Javier Ponce-Saavedra.

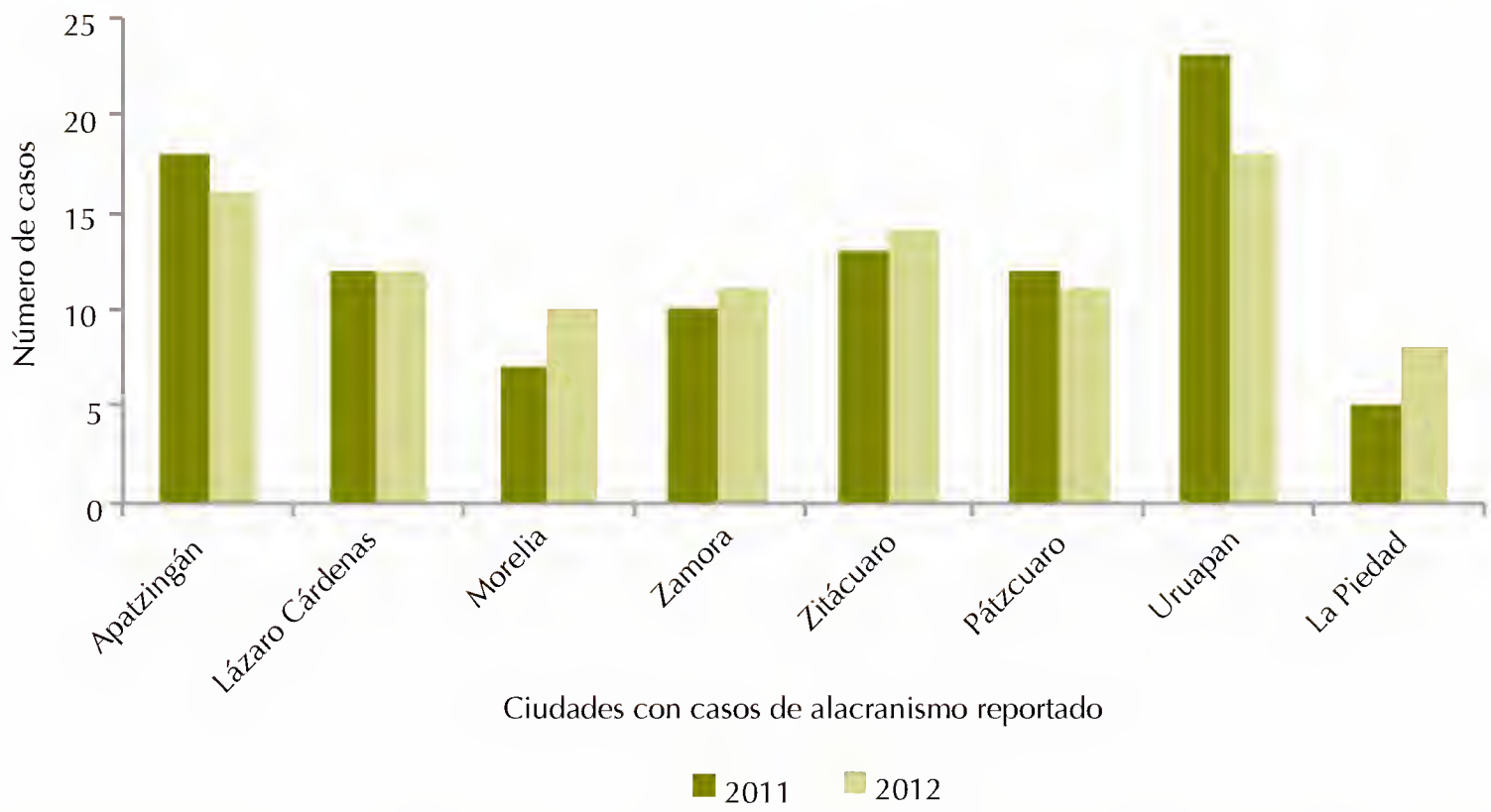


FIGURA 5. Número de casos de alacranismo reportados en 2011 y 2012, por jurisdicción sanitaria. Fuente: Secretaría de Salud del Estado de Michoacán 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 6. *Centruroides tecomanus,* especie de distribución costera. Foto: Ramón Cancino M.

longitudinales obscuras sobre el carapacho, dejando la mayor parte del mismo sin pigmento, dando la apariencia de que es de color claro y sólo las líneas y el área ocular son obscuras (figura 3a).

El piquete de alacrán, cuya relevancia se relaciona con el veneno que inoculan y sus efectos, tiene una función biológica importante para el alacrán, la de matar presas de tamaños grandes que no pueda dominar con sus pedipalpos, es un sistema de defensa contra depredadores; una picadura representa un encuentro accidental aunque es parte del comportamiento de defensa del animal. De acuerdo con los registros de casos de alacranismo, 2011 y 2012, del Sistema Único de Información de Vigilancia Epidemiológica, disponibles en la Secretaría de Salud del Estado de Michoacán (Secretaría de Salud del Estado de Michoacán 2012), el problema causado por estas especies en diferentes regiones es importante (figura 5). En el cuadro 2 estos datos se relacionan con la distribución conocida para la especie y se incluye además la distribución conocida en México y una breve caracterización morfológica.

REFERENCIAS

Armas, L.F. y E. Martín-Frías. 1998*a*. Complementos a la taxonomía de *Centruroides nigrovariatus* y *C. elegans* (Scorpiones: Buthidae) de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 44:27-35.

——. 1998*b*. Presencia del género *Tityopsis* en México y descripción de una especie nueva (Scorpiones: Buthidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 43:45-49

Armas, L.F., C.R. Beutelspacher y E. Martín-Frías. 1995. Notas sobre la taxonomía y distribución de algunos *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) de México. *Revista Nicaraguense de Entomología* 32:29-43.

Armas, L.F., E. Martín-Frías y J. Estévez-Ramírez. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones, Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología* 8:93-98.

Baldazo-Monsiváiz, J. Ponce-Saavedra y M. Flores-Moreno. 2013. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* de importancia médica (Scorpiones: Buthidae) del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:100-116.

FIGURA 7. *Centruroides balsasensis,* especie endémica de la cuenca del Balsas-Tepalcatepec. Foto: Javier Ponce-Saavedra

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Beutelspacher B., C.R. 2000. *Catálogo de los alacranes de México*. UMSNH, México.

Brown, C.A. 2001. Allometry of offspring size and number in scorpions. En: *Scorpions.* V. Fet y P.A. Selden (eds.). In memoriam Gary A. Polis, V. British Arachnological Society, Burnham Beeches, pp. 307-315.

Brown, C.A., J.M. Davis, D.J. O'Connell y D.R. Formanowitz Jr. 2002. Surface density and nocturnal activity in a west Texas assemblage of scorpions. *Southwestern Naturalist* 47:409-419.

Fet, V., W.D. Sissom, G. Lowe y M.E. Braunwalder. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. New York Entomological Society, Nueva York.

Francke, O.F., R. Teruel y C.E. Santibáñez-López. 2014. A new genus and a new species of scorpion (Scorpiones: Buthidae) from southeastern Mexico. *The Journal of Arachnology* 42:220-232.

González-Santillán, E. y L. Prendini. 2013. Redefinition and generic revision of the North American Vaejovid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, with descriptions of six new genera. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 382.

Hoffmann, C.C. 1932. Monografías para la entomología médica de México. Monografía núm. 2. Los escorpiones de México (segunda parte) Buthidae. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 3(3):243-282.

Lourenço, W.R. y W.D. Sissom. 2000. Scorpiones. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (eds.). UNAM, México, pp. 115-135.

Polis, G.A. 1990. Ecology. En: *The biology of scorpions*. G.A. Polis (ed.). Stanford University Press, California, pp. 247-293.

Ponce-Saavedra, J. 2003. *Ecología y distribución del género Centruroides Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del estado de Michoacán.* Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Ponce-Saavedra J. y C.R. Beutelspacher B. 2001. *Alacranes de Michoacán*. UMSNH/Ediciones Michoacanas, México.

Ponce-Saavedra, J. y O.F. Francke. 2004. Una nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx (1890) (Scorpiones, Buthidae) de la Depresión del Balsas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2):221-232.

——. 2009. Descripción de una especie nueva de alacrán con importancia médica del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del estado de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:647-658.

——. 2011. Nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones, Buthidae) del estado de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:465-474.

——. 2013*a*. Clave para la identificación de especies de alacranes del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el centro occidente de México. *Revista Biológicas* 15(1):52-62.

——. 2013*b*. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana* 12: 812-816.

Ponce-Saavedra, J., O. Francke B. y H. Suzán A. 2006. Actividad superficial y utilización del hábitat por *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke (Scorpiones: Buthidae). *Revista Biológicas* 8:130-137.

Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke, H. Cano C. y E. Hernández C. 2009. Evidencias morfológicas y moleculares que soportan la existencia de *Centruroides tecomanus* (Scorpiones: Buthidae) como especie válida. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:71-84.

Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke, A.F. Quijano-Ravell y R. Cortés-Santillán. 2016. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de importancia para la salud pública en México. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie) 2(3)45-70.

Ponce-Saavedra, J. y R.J. Moreno-Barajas. 2005. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en México. *Revista Biológicas* 7:42-51.

Ponce-Saavedra, J., I. Martínez-Rodríguez y A.F. Quijano-Ravell. 2015. Alacranes de importancia médica en la Depresión del Balsas. *Entomología Mexicana* 2:66-70.

Ponce-Saavedra, J. y X.J. Vázquez V. 2007. Aspectos ecológicos de *Centruroides limpidus limpidus* (Karsch) en una localidad de Zitácuaro, Michoacán. *Entomología Mexicana* 6:71-75.

Quijano-Ravell A.F. y J. Ponce-Saavedra. 2015*a*. Comparación de los tamaños de camada usando crías y embriones en *Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) en Michoacán, México. *Entomología Mexicana* 2:59-65.

——. 2015*b*. Estructura poblacional de *Centruroides ornatus* (Scorpiones: Buthidae) en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista Ibérica de Aracnología* 27:35-44.

——. 2016. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del estado de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:49-61.

Quijano-Ravell A.F., J. Ponce-Saavedra y O.F. Francke. 2012. Densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Luridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología* 20:35-43.

Quijano-Ravell, A.F., J. Ponce-Saavedra, O.F. Francke B. y M.A. Villaseñor R. 2010. Nuevos registros y distribución actualizada de *Centruroides tecomanus* Hoffmann, 1932 (Scorpiones: Buthidae). *Ciencia Nicolaita* 52:179-189.

Rein, J.O. 2013. The scorpion files. En: *<http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files>,* última consulta: 2 de noviembre de 2013.

Santibáñez-López, C.E. y J. Ponce-Saavedra. 2009. A new species of *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the northern mountain range of Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:321-331.

Secretaría de Salud del Estado de Michoacán. 2012. Sistema Único de Información de Vigilancia Epidemiológica, México. Inédito.

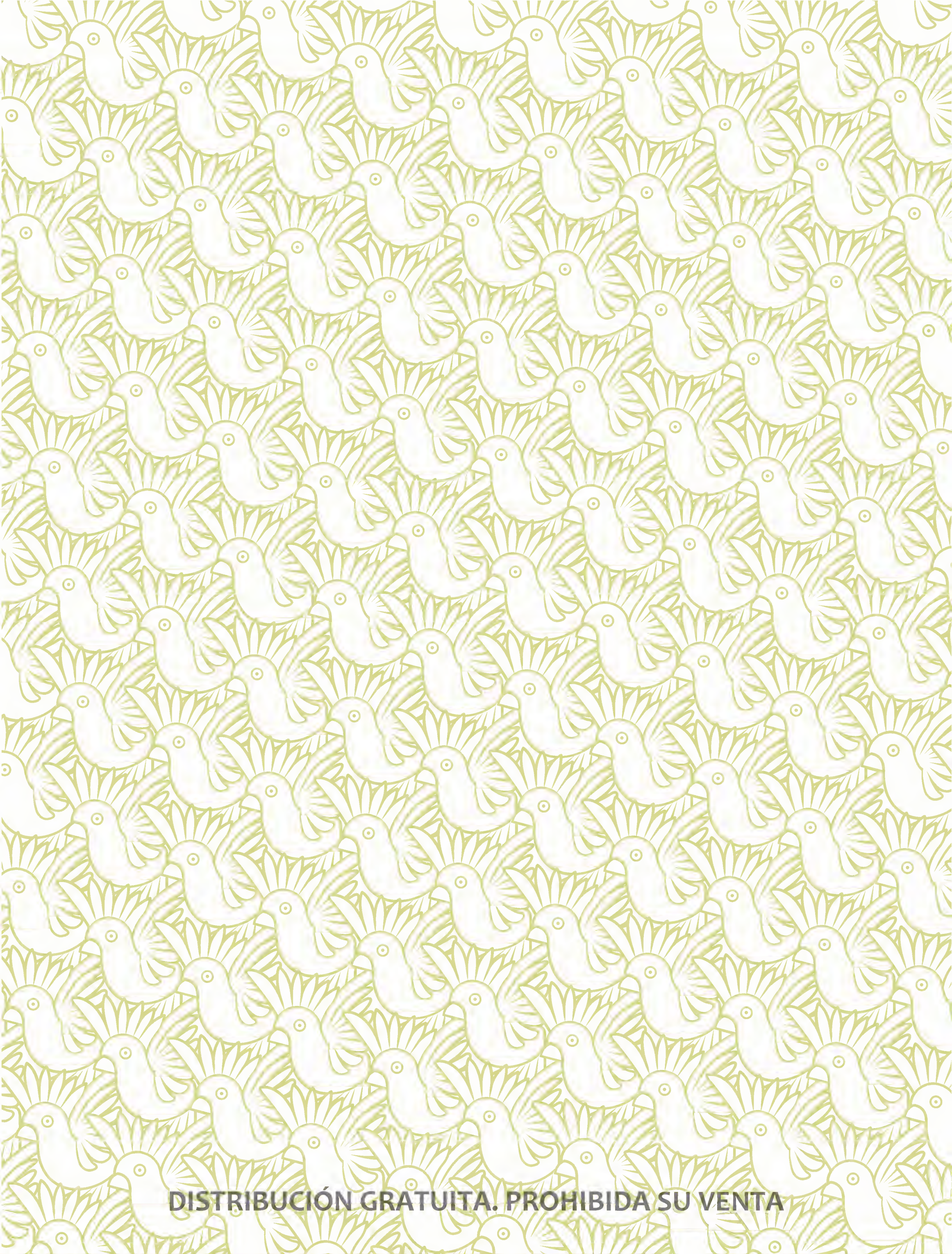
Teruel, R., J. Ponce-Saavedra y A.F. Quijano-Ravell. 2015. Redescription of *Centruroides noxius* and description of a closely related new species from western Mexico (Scorpiones: Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:896-911.

Towler, W.L., J. Ponce S., B. Gantembein y V. Fet. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in central mexican *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae). *Biogeographica* 77:157-172.

Vidal-Acosta, V. y O.F. Francke. 2009. Redescripción de *Tityopsis aliciae* (Scorpiones: Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:333-339.

Yamashita, T. 2004. Surface activity, biomass, and phenology of striped scorpion, *Centruroides vittatus* (Buthidae) in Arkansas. *Euscorpius-Occasional Publications in Scorpiology* 17:25-33.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Arañas araneomorfas y migalomorfas (Arachnida: Araneae)

ALEJANDRO VALDEZ MONDRAGÓN

DESCRIPCIÓN

Las arañas pertenecen a uno de los 11 órdenes de la clase Arachnida (Araneae; Ubick *et al.* 2005). El orden Araneae está subdividido en dos infraórdenes: Araneomorphae, conocidas como arañas verdaderas o arañas tejedoras (figuras 1 a 3) y Mygalomorphae, comúnmente llamadas tarántulas, arañas tramperas o arañas de tela de embudo (figura 4).

FIGURA 1. Araña de jardín (*Argiope trifasciata*; infraorden Araneomorphae). Foto: Alejandro Valdez-Mondragón.

FIGURA 2. Araña viuda negra o araña capulina (*Latrodectus mactans*; infraorden Araneomorphae). Foto: Alejandro Valdez-Mondragón.

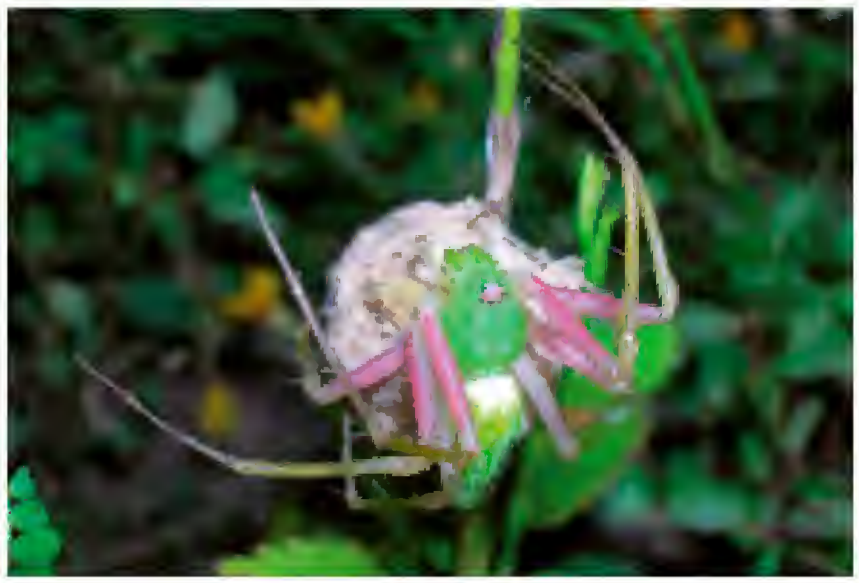


FIGURA 3. Araña lince (*Peucetia viridans*; infraorden Araneomorphae). Foto: Alejandro Valdez-Mondragón.

FIGURA 4. Tarántula de rodillas de fuego (*Brachypelma auratum*; infraorden Mygalomorphae). Foto: Carlos Galindo Leal.

Las arañas se diferencian del resto de arácnidos por la presencia de glándulas de veneno asociadas a los quelíceros o colmillos, las hileras con glándulas de seda en la parte posterior del opistosoma (abdomen) y los pedipalpos que son estructuras con forma de pequeñas patas ubicadas cerca de la boca, que en los machos están modificados para la transferencia de esperma durante la cópula (Foelix 1996).

Se trata de un antiguo grupo que se originó en el devónico medio o carbonífero de la era paleozoica (380-374 miles de años; Coddington y Levi 1991, Dunlop 2010); se les considera un grupo con gran éxito evo-

Valdez-Mondragón, A. 2019. Arañas araneomorfas y migalomorfas (Arachnida: Araneae). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 385-389.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

lutivo, lo que les ha permitido la colonización de diversos hábitats y microhábitats.

Las arañas son depredadores activos, alimentándose sobre todo de insectos y de pequeños vertebrados como lagartijas, pequeñas serpientes y hasta aves y ratones, dependiendo del tamaño de la araña (Coddington y Levi 1991).

Se conocen como arañas errantes a las que no necesitan su telaraña para capturar o depredar a sus presas, como las llamadas arañas lobo (familia Lycosidae) o las saltarinas (familia Salticidae), ya que son cazadoras activas y la mayor parte del tiempo están en busca de presas para alimentarse; por su parte, las arañas tejedoras esperan en su tela y dependen de ella para la captura de sus presas y así alimentarse, tal es el caso de las redes orbiculares o geométricas comúnmente encontradas en los jardines. La telaraña también es utilizada para otras funciones, como la reproducción (cortejo, construcción de telas espermáticas y sacos de huevos; figura 3) y en la elaboración de refugios (protección durante la muda y contra depredadores; Foelix 1996).

DIVERSIDAD

Entre los artrópodos, el orden Araneae ocupa el séptimo lugar en diversidad global, después de los cinco órdenes más diversos de insectos (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera y Hemiptera; Coddington y Levi 1991). Después del grupo de los ácaros, las arañas son los arácnidos con mayor diversidad, con un total de 114 familias, 3 960 géneros y 45 662 especies reportadas en el mundo, siendo los animales más diversos en el planeta (World Spider Catalog 2015). En México existen 2 334 especies de arañas pertenecientes a 492 géneros y 66 familias, lo cual representa 5.5% de la diversidad de arañas en el mundo (Francke 2011). Jiménez (1996) reporta que la mayor diversidad en México se encuentra en Veracruz (374 especies), Baja California y Baja California Sur (371), Guerrero y Chiapas (281 cada uno), Tamaulipas (277), Tabasco (264) y San Luis Potosí (221).

Para Michoacán, hasta 1976 se reportaban 39 especies de arañas (Hoffmann 1976). Posteriormente, en 1996 aumentó a 83 especies registradas (Jiménez 1996), y en 2005 Ponce-Saavedra reportó 17 familias y 81 especies.

A partir de investigaciones realizadas por el autor de este trabajo, los registros para el estado han aumentado en los últimos años y ya se encuentran registradas un total de 261 especies (incluyendo 150 que aún no están descritas) y 158 géneros (seis no descritos) agrupados en 41 familias (figura 5; apéndice 44), lo que representa 11.2% de la diversidad conocida de arañas en México. Para el total de especies registradas en el estado, las familias más diversas son Araneidae

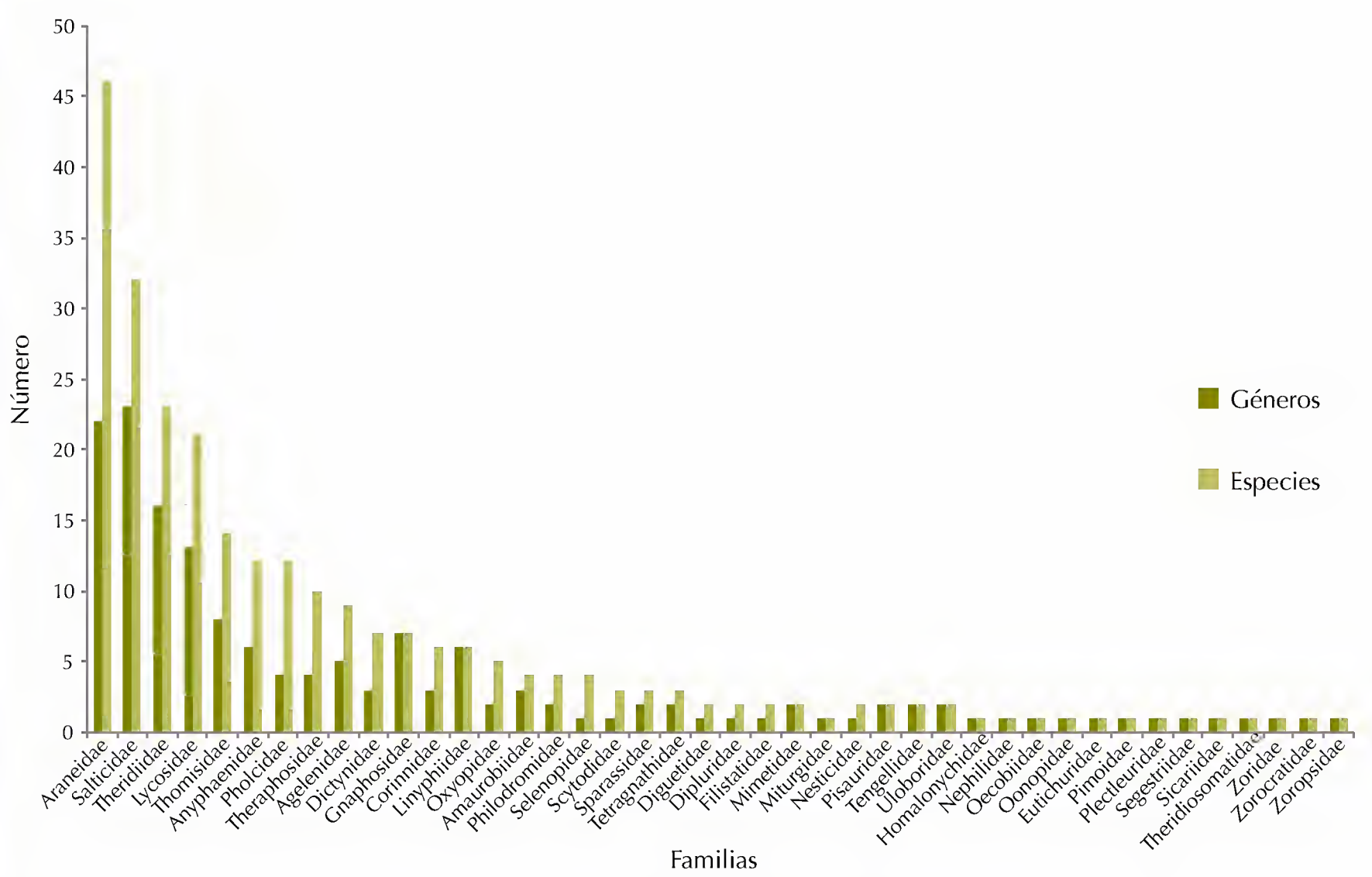


FIGURA 5. Diversidad de géneros y especies de arañas registradas, por familia. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

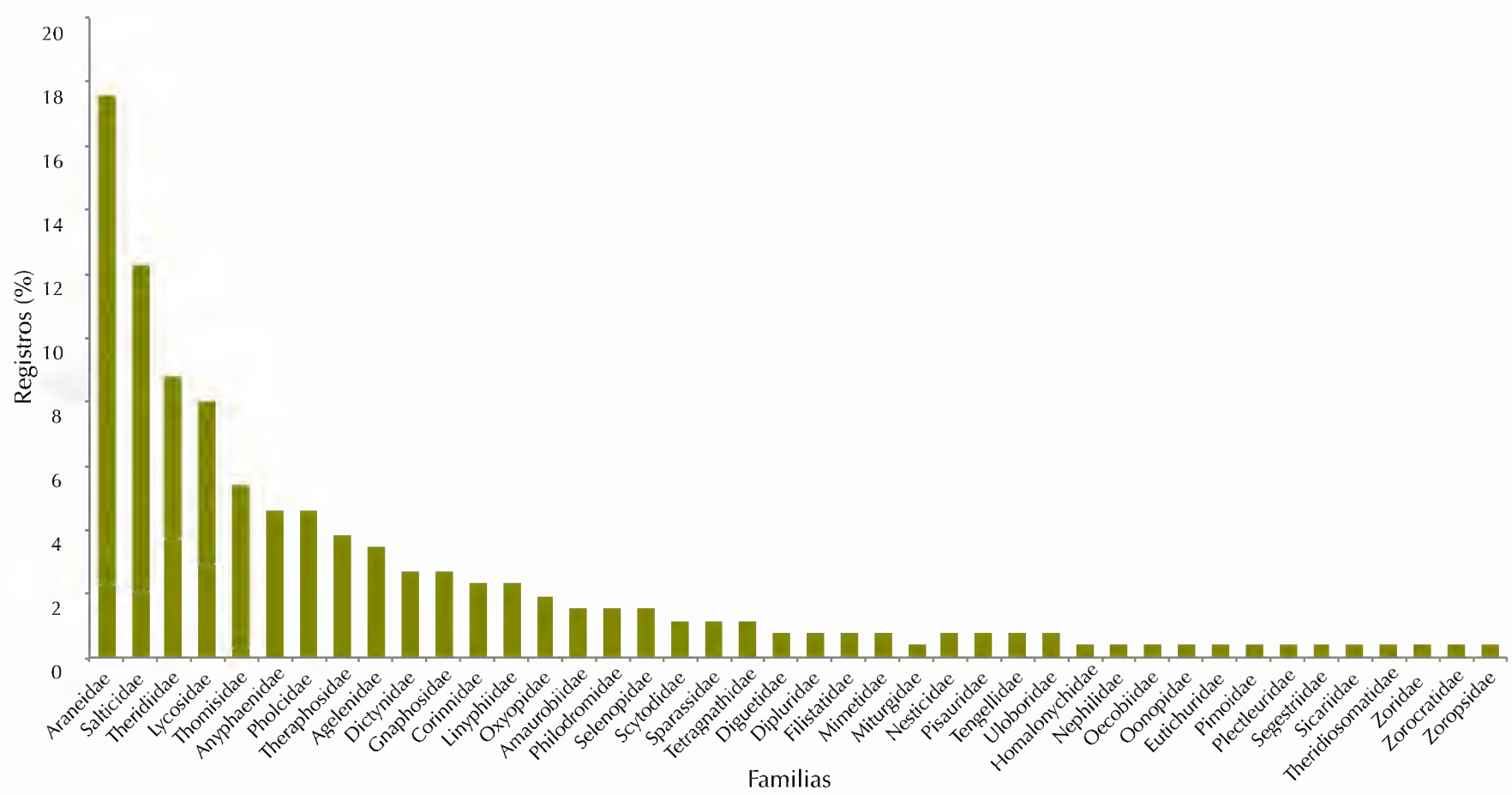


FIGURA 6. Porcentaje de especies de arañas registradas por familia. Fuente: elaboración propia.

(46 especies), Salticidae (32), Theridiidae (23) y Lycosidae (21; figura 5), con 18, 12, 9 y 8%, respectivamente, además de 12 familias con sólo una especie, lo cual representa 5% del total de especies (figura 6). Hasta ahora para el estado se reporta una especie endémica, la tarántula de rodillas de fuego (*Brachypelma auratum*; figura 4).

DISTRIBUCIÓN Y REGISTROS

Michoacán está subdividido en cinco provincias fisiográficas: Altiplanicie, Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Llanura Costera, Sierra Madre del Sur y Sistema Volcánico Transversal (SVT). El SVT es la más grande de la entidad, se caracteriza por tener un tipo de vegetación de bosques de pino, encino o pino-encino, característicos de los bosques templados de montaña. Eso se ve reflejado en el número de registros de especies de arañas, ya que la provincia del SVT tiene el mayor registro, con 171 arañas, además es una de las regiones más biodiversas de México (Halffter 2003, Escalante *et al.* 2004, Morrone 2005, 2014; apéndice 44), le sigue la Altiplanicie (48 registros), Depresión del Balsas-Tepalcatepec (37 registros), Llanura Costera (11 registros) y Sierra Madre del Sur (dos registros; apéndice 44).

A pesar de que la Sierra Madre del Sur es la segunda provincia mejor representada en el estado, es la que tiene el menor registro de especies de arañas, lo cual indica que se necesita más muestreo y trabajo de campo, lo que sin duda incrementará la diversidad de arañas conocida para la entidad.

Por otra parte, el tipo de vegetación predominante en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec es bosque seco tropical o selva baja caducifolia, y la transición entre dicha provincia y los bosques templados de montaña de la Sierra Madre del Sur la hacen una de las regiones más biodiversas para el estado, por lo que se espera una diversidad alta de arañas, lo cual aún requiere ser comprobado mediante estudios regionales enfocados a este grupo.

IMPORTANCIA

Las arañas, al ser depredadores, son consideradas eficientes controladores biológicos de plagas de insectos en los sistemas agrícolas (Hlivko y Rypstra 2003, Maloney *et al.* 2003). Además, se ha desarrollado investigación en el área de ingeniería de materiales, enfocada en la biosíntesis de las proteínas de la telaraña, ya que su resistencia y elasticidad permiten su uso en diversos campos (Ubick *et al.* 2005).

Se ha encontrado también que ciertos componentes del veneno de las arañas son útiles en el tratamiento de síntomas y afecciones cardiacas (Bode *et al.* 2001). Aunque de forma tradicional a las arañas se les consideran peligrosas debido a su veneno, y a pesar de que casi todas presentan glándulas de veneno (excepto la familia Uloboridae), de los 3 960 géneros en el mundo sólo cinco pueden ser considerados de importancia médica (*Loxosceles*, *Latrodectus*, *Cheirachanthium*, *Atrax* y *Phoneutria*). De ellos, en México se distribuyen los tres primeros, con 40, tres y una especie, respectivamente; en Michoacán se tiene registro de una especie de araña

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

parda o araña violinista (*Loxosceles*); una especie de viuda negra o capulina (*Latrodectus*; figura 2) y una araña del saco (*Cheirachantium*).

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Entre los grupos de animales invertebrados que se trafican ilegalmente se puede mencionar a las tarántulas. Esas grandes arañas de la familia Theraphosidae están representadas en México por alrededor de 72 especies, lo que ubica al país como el más diverso a nivel mundial, sólo después de Brasil. Desafortunadamente, especies mexicanas como *B. smithi, B. auratum* (endémica de Michoacán; figura 4) y *B. emilia,* entre otras especies del género *Brachypelma,* son vendidas como mascotas exóticas, incluso son populares en algunos países de Europa donde se pagan hasta 140 euros por cada ejemplar (obs. pers.). Debido a lo anterior, las 21 especies de ese género, incluyendo las cuatro especies identificadas para Michoacán (*B. boehmei, B. baumgarteni, B. hamorii* y *B. auratum*), hoy se encuentran en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés; 2014).

Afortunadamente, existen programas para un mayor conocimiento y conservación de las poblaciones naturales de tarántulas en el país (Mendoza 2012, Orozco 2012), que incluyen desde talleres informativos, cursos y exposiciones, hasta reproducción en cautiverio, programas de reintroducción y venta legal de especies.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Sin duda las actividades humanas son las que ponen en riesgo a las poblaciones naturales de animales, y en el caso de las arañas no es la excepción. La diversidad en México representa 5.5% de la diversidad del grupo a nivel mundial (Francke 2011), sin embargo, queda mucho por hacer respecto al conocimiento de las arañas.

Desafortunadamente, la mayor diversidad se encuentra en bosques tropicales y subtropicales, ecosistemas que han sido sobreexplotados y donde muchas especies se están perdiendo sin haber sido descritas. En México la pérdida se estima en 1.1 millones de hectáreas de bosques; en cuatro décadas ha desaparecido 90% de las selvas tropicales (López 2012) junto con un número indeterminado de especies.

Dicha pérdida, aunada al tráfico y venta ilegal de algunas especies, ponen en riesgo aún más a las poblaciones naturales de arañas, con toda su importancia médica y ecológica que impacta directamente en la economía al tratarse de controladores de plagas naturales. Su conservación es pieza clave para estudios futuros en diferentes campos de la investigación, que sin duda alguna generan beneficios de diversa índole en el ser humano.

CONCLUSIONES

A pesar del gran número de trabajos publicados e investigación realizada por aracnólogos, tanto nacionales como extranjeros, el grupo de arañas en México puede considerarse como poco estudiado y conocido. Hay regiones en el país, como Michoacán, donde aún se necesitan muestreos y trabajo de campo que permitan tener mayor conocimiento de la aracnofauna.

En ese sentido, los listados faunísticos y los trabajos taxonómicos son piezas clave para el conocimiento y uso de la diversidad de arañas en México, ya que permiten conocer la diversidad de una región y forman parte primordial en programas de manejo y de conservación, tanto a nivel regional como estatal.

Michoacán, al presentar distintas provincias fisiográficas y tipos de vegetación, da como resultado un lugar biológicamente interesante y diverso en muchos grupos de artrópodos. Aunque se tiene una idea de la diversidad de arañas para el estado, falta conocer la diversidad real, ya que regiones como la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y la Sierra Madre del Sur carecen de estudios profundos aun cuando representan regiones potenciales para estudios, no sólo del grupo de las arañas, sino de otros grupos de arácnidos.

REFERENCIAS

Bode, F., F. Sachs y M.R. Franz. 2001. Tarantula peptide inhibits atrial fibrillation: a peptide from spider venom can prevent the heartbeat from losing its rhythm. *Nature* 409:35-36.

CITES. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 2014. CITES species database. En: *<http://www.cites.org/eng/resources/species.html>*, última consulta: 5 de noviembre de 2014.

Coddington, J.A. y H.W. Levi. 1991. Systematics and evolution of spiders. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22:565-592.

Dunlop, J.A. 2010. Geological history and phylogeny of Chelicerata. *Arthropod Structure & Development* 39:124-142.

Escalante, T., G. Rodríguez y J.J. Morrone. 2004. The diversification of Neartic mammals in the Mexican transition zone. *Biological Journal of the Linnean Society* 83:327-339.

Foelix, R.F. 1996. *Biology of Spiders*. Oxford University Press, Oxford.

Francke, O.F. 2011. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:408-418.

Halffter, G. 2003. Biogeografía de montaña de la entomofauna de México y América Central. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. J.J. Morrone y J. Llo-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

rente-Bousquets (eds.). Las prensas de Ciencias, México, pp. 87-97.

Hlivko, J.T. y A.L. Rypstra. 2003. Spiders reduce herbivory: non-lethal effects of spiders on the consumption of soybean leaves by beetle pests. *Annals of the Entomological Society of America* 96:914-919.

Hoffmann, A. 1976. *Relación bibliográfica preliminar y de las arañas de México (Arachnida: Araneae)*. Instituto de Biología-UNAM. Publicaciones especiales, núm. 3, México.

Jiménez, M.L. 1996. Araneae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Vol. I. Instituto de Biología-UNAM/CONABIO/Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 83-102.

López, A. 2012. *Deforestación en México: un análisis preliminar*. Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C., México.

Maloney, D., F.A. Drimmond y R. Alford. 2003. Spiders predation in agroecosystems: can spiders effectively control pest populations? *Maine Agricultural and Experiment Station. Technical Bulletin* 90:1-32.

Mendoza, J.I. 2012. Unidad de manejo para la conservación y vida silvestre: Arachnida: reproducción, exhibición e investigación en tarántulas. En: *<http://www.arachnida.com.mx/>*, última consulta: 15 de noviembre de 2014.

Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76(2):207-252.

——. 2014. Cladistic biogeography of the Neotropical region: identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics* 30:202-214.

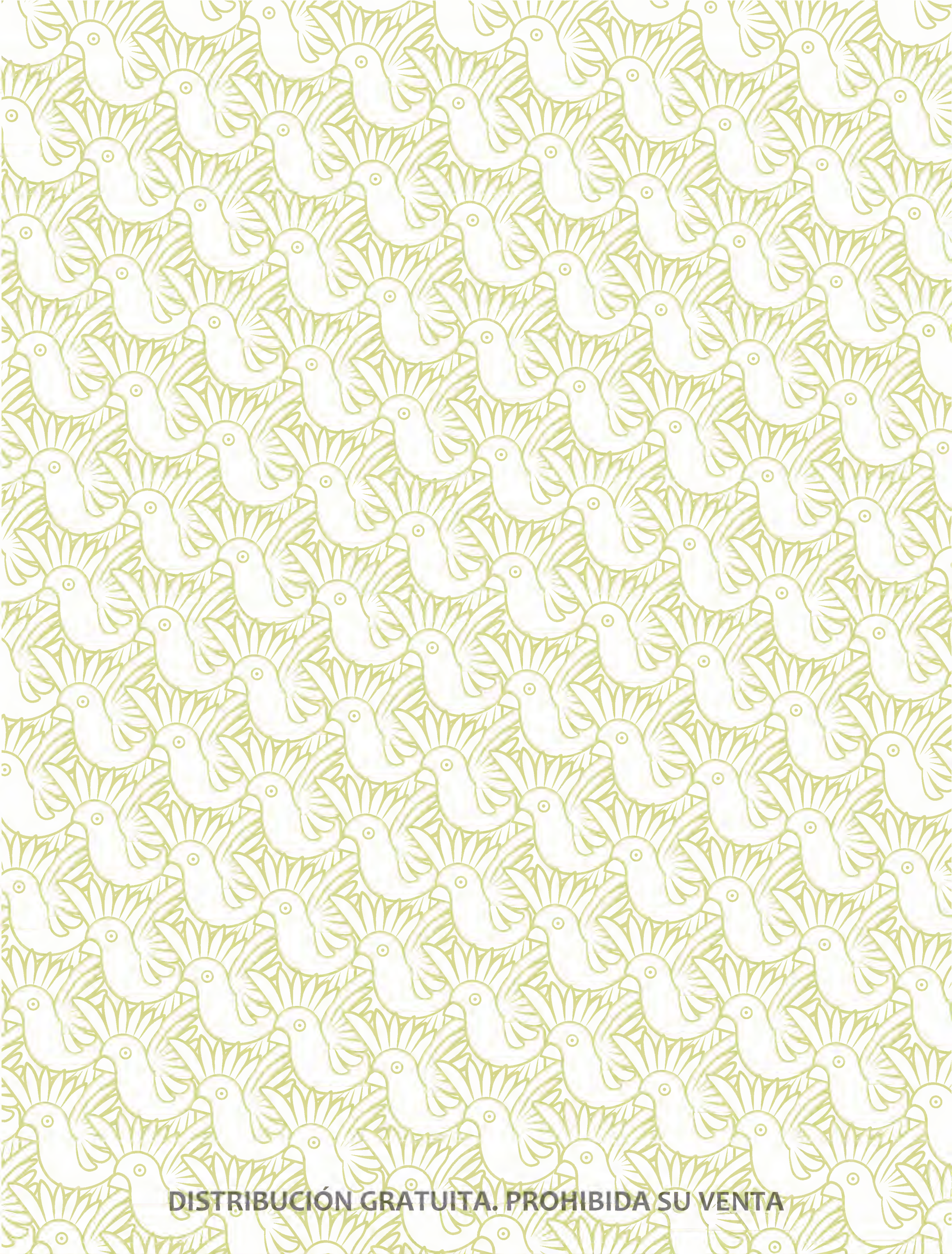
Orozco, R. 2012. Tarántulas de México, observa y conserva. En: *<http://www.tarantulasdemexico.com/>*, última consulta: 20 de noviembre de 2014.

Ponce-Saavedra, J. 2005. Insectos y arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 90-94.

Ubick, D., P. Paquin, P.E. Cushing y V. Roth (eds.). 2005. *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society, EUA.

World Spider Catalog. 2015. Natural History Museum Bern. En: *<http://wsc.nmbe.ch>*, última consulta: 10 de agosto de 2015.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Otros arácnidos: amblipígidos, opiliones, pseudoescorpiones y alacranes

CARLOS EDUARDO SANTIBÁÑEZ LÓPEZ, JESÚS ALBERTO CRUZ LÓPEZ Y JAVIER PONCE SAAVEDRA

INTRODUCCIÓN

La diversidad descrita dentro de la clase Arachnida, para 2002, era de 97 682 especies (Harvey 2002, Dunlop *et al.* 2008), sin embargo, una cifra más reciente la sitúa en 102 mil especies y con una estimación cercana a las 600 mil (Chapman 2009).

Para Michoacán, además de las arañas, los escorpiones conocidos como alacranes son el orden más estudiado (Ponce-Saavedra y Beutelspacher 2001), seguido por los opiliones (Kury y Cokendolpher 2000). En este estudio se presenta una caracterización de seis órdenes de arácnidos (Amblypygi, Opiliones, Pseudoscorpiones, Scorpiones, Solifugae y Thelyphonidae) distribuidos en el estado (apéndice 45) y que no son tan conocidos como los ácaros (Acari) y las arañas (Araneae).

ORDEN AMBLYPYGI

Comúnmente llamadas arañas corazón o arañas látigo, y en Michoacán tendarapos o tenanches. Los amblipígidos son arácnidos poco conocidos que van desde los 5 mm (tamaño del cuerpo, sin contar el largo de las patas) a los 45 mm, siendo *Acanthophrynus coronatus* la especie más grande del mundo, distribuida en la costa del Pacífico, desde el sur de Jalisco hasta Oaxaca; en Michoacán se encuentran en la Llanura Costera y en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, principalmente.

Se distinguen del resto de los arácnidos por poseer palpos raptoriales con espinas (modificados para atrapar a sus presas), el primer par de patas modificado para funciones sensoriales (muy alargado y parecido a un látigo) y no poseer glándulas de veneno (Ponce-Saavedra 2005).

Son depredadores nocturnos que habitan en paredes de roca o en grietas, debajo de piedras o cualquier otro refugio, se alimentan de insectos, aunque existen algunos reportes sobre depredación de pequeños reptiles y anfibios (Brusca y Brusca 2005).

En el mundo se conocen cerca de cinco familias y 17 géneros que suman 170 especies de amblipígidos (Prendini 2011*a*). En México está presente una familia, tres géneros y 16 especies (Harvey 2002, Ballesteros-Chávez 2006, 2009); para Michoacán se tienen reportadas tres especies en dos géneros (apéndice 45).

ORDEN OPILIONES

Los opiliones o arañas patonas miden de 1 a 20 mm; poseen glándulas que producen sustancias repelentes para ahuyentar a sus depredadores; los machos presentan pene y las hembras un ovipositor. Se les confunde con las arañas (llamadas también patonas) de la familia Pholcidae, por sus extremidades largas, pero a diferencia de las arañas verdaderas la división del cuerpo en cefalotórax y abdomen de los opiliones no es distinguible a simple vista (Brusca y Brusca 2005).

En el mundo se conocen cerca de 6 485 especies en 1 650 géneros y 46 familias, que se distribuyen desde zonas templadas a húmedas cálidas (Kury 2011, Hedin *et al.* 2012). La diversidad de opiliones en México es poco conocida y se registran cuatro subórdenes con 235 especies (3.62% de la diversidad total; Kury y Cokendolpher 2000, Cruz-López y Francke 2012, Hedin *et al.* 2012). Para Michoacán se conocen 20 especies y una no determinada (apéndice 45), ubicadas en 11 géneros y cuatro familias.

Las provincias fisiográficas Sistema Volcánico Transversal y Depresión del Balsas-Tepalcatepec son las mejor representadas, aunque para algunas especies sólo se tiene el registro para el estado, sin localidad específica (apéndice 45). Este grupo de arácnidos, al igual que los ácaros, tiene un amplio rango alimenticio, por lo que son de importancia en el ecosistema como organismos depredadores y degradadores de la materia orgánica (Brusca y Brusca 2005).

ORDEN PSEUDOSCORPIONES

Los llamados falsos escorpiones son pequeños arácnidos que miden de 0.7 a 12 mm de longitud. Se les conoce así ya que morfológicamente semejan a los verdaderos escorpiones, salvo que carecen de un metasoma o cola y no tienen telson ni aguijón. Poseen glándulas en los quelíceros para producir seda y además producen veneno en los pedipalpos. Son depredadores de algunos ácaros e insectos. Se les ha colectado debajo de corteza, bajo piedras (lugares húmedos) y en cuevas (Brusca y Brusca 2005).

Santibáñez-López, C.E., J.A. Cruz-López y J. Ponce-Saavedra. 2019. Otros arácnidos: amblipígidos, opiliones, pseudoescorpiones y alacranes. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 391-393.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Harvey (2011) menciona una diversidad mundial cercana a 3 406 especies en 426 géneros y 24 familias. Para México se tienen registradas cerca de 158 especies en 66 géneros y 18 familias (Harvey 2009). En Michoacán se tiene reportada una especie (*Garyops ferrisi*) sin localidad específica, aunque en varias colecciones hay especies no identificadas recolectadas en diversas localidades.

ORDEN SCORPIONES

En este orden se incluyen alacranes y escorpiones, su tamaño va de los 3 a los 21 cm. Se caracterizan por poseer el opistosoma dividido en dos segmentos (mesosoma y metasoma), un telson donde se encuentran las glándulas que producen el veneno y un aguijón por el cual lo inyectan. En la parte ventral del mesosoma poseen órganos llamados peines que son usados como quimiorreceptores (Polis 1990).

Debido a controversias en la clasificación en los escorpiones, hay diferencias en el número de familias y géneros. Prendini (2011*b*) indica que hay en el mundo 23 familias, aproximadamente 144 géneros y cerca de 1 927 especies. Sin embargo, la clasificación más aceptada reconoce 18 familias con 2 408 especies (Rein 2018). Para México se han reportado alrededor de 242 especies en 26 géneros y siete familias (Francke 2010), aunque actualmente se cuentan 289 especies (Ponce-Saavedra *et al.* 2016).

Ponce-Saavedra y Beutelspacher (2001) reportaron 17 especies, modificando el listado propuesto por Beutelspacher (2000). Actualmente se reportan 23 especies en nueve géneros y tres familias (apéndice 45); no obstante, a pesar de que los alacranes son bien conocidos para Michoacán hacen falta estudios que permitan profundizar en el conocimiento de su diversidad.

De las especies para México, una docena es considerada de importancia médica (por la toxicidad de su veneno), todas de la familia Buthidae (Ponce y Francke 2013) que se distribuyen en el oeste del país, desde Sonora hasta Oaxaca (Ponce-Saavedra y Moreno-Barajas 2005); el resto de las especies (más de 80%) son importantes en los ecosistemas como depredadores nocturnos.

ORDEN SOLIFUGAE

Los solífugos o arañas sol son poco conocidas, nocturnas, voraces y con movimientos muy rápidos; pueden alcanzar 10 cm de tamaño. Se distinguen por poseer grandes quelíceros, por la presencia de órganos adhesivos en la punta de los pedipalpos y por tener órganos sensoriales llamados de maleoli o de raqueta, que se encuentran en la parte ventral del último par de patas. Como cualquier otro arácnido son depredadores de hábitos nocturnos, tienden a ser territoriales y, a diferencia del resto de los arácnidos, son voraces y no temen enfrentarse a sus enemigos naturales (Brusca y Brusca 2005).

En el mundo se conocen cerca de 1 115 especies en 12 familias y 140 géneros (Prendini 2011*c*). En México se reconocen cerca de 83 especies en 12 géneros y dos familias (Ballesteros-Chávez 2006). En Michoacán se les conoce como madres de alacrán y se tienen reportadas dos especies, en dos géneros y dos familias (apéndice 45).

ORDEN THELYPHONIDA

Los llamados vinagrillos son de talla grande y alcanzan poco más de 8 cm de longitud. Se reconocen por la presencia de un flagelo terminal, largo y multiarticulado, así como pedipalpos (pinzas) robustos y armados de fuertes espinas. Estos organismos usan como medio de defensa la expulsión de ácido acético (de ahí el nombre de vinagrillos). A pesar de su aspecto impresionante son animales inofensivos (Harvey 2002, Ballesteros-Chávez 2006). Son depredadores de la fauna del suelo y se ha reportado depredación de animales relativamente grandes en comparación a su tamaño, desde reptiles y anfibios hasta pequeños mamíferos e incluso huevos de reptiles. Además, existen reportes de que son presa de diversos vertebrados, así como de hormigas (Armas *et al.* 2009).

Actualmente, se conocen 103 especies, agrupadas en 16 géneros, cuatro subfamilias y una familia (Harvey 2002, Prendini 2011*d*). En México se conoce la presencia del género *Mastigoproctus,* con dos especies: *M. giganteus*, la especie de talla más grande del orden, distribuida desde el sur de EUA hasta Oaxaca y *M. lacandonensis*, endémica de Chiapas (Ballesteros-Chávez y Francke 2006). Para Michoacán se tienen registros de colección sobre la presencia de *M. giganteus* en Uruapan, Tacámbaro y Nocupétaro (del Sistema Volcánico Transversal).

CONCLUSIONES

Los denominados arácnidos menores son un grupo poco estudiado en general. En Michoacán los alacranes se han trabajado más debido a su importancia médica, sin embargo, como todos los arácnidos, es más importante su función ecológica en los sistemas que habitan que el daño que puedan causar, ya que son depredadores de otros invertebrados, incluyendo insectos y arácnidos, regulando esas poblaciones (Ponce-Saavedra y

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Moreno-Barajas 2005). Por lo anterior, es importante que se conserven y se estudien más, no sólo su presencia en el estado, sino diferentes aspectos ecológicos, a fin de generar información que favorezca el mejor manejo de los sistemas naturales.

REFERENCIAS

Armas, L.F., D. Ortiz y E. Fonseca. 2009. Depredación de huevos por dos especies de *Mastigoproctus* (Thelyphonida): no todas las presas se mueven. *Revista Ibérica de Aracnología* 17:3-6.

Ballesteros-Chávez, J.A. 2006. *Catálogo de amblypígidos, uropígidos y solífugos (Arachnida) de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN)*. Tesis de licenciatura. IPN, México.

——. 2009. *Sistemática filogenética del género Paraphrynus Moreno (Arachnida: Amblypygi: Phrinidae)*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. Instituto de Biología-UNAM, México.

Ballesteros-Chávez, J.A. y O.F. Francke. 2006. *Mastigoproctus lacandonensis*, especie nueva de vinagrillo (Thelyphonida: Arachnida) de la selva Lacandona, Chiapas, México. En: *Entomología Mexicana*. V.E.G. Estrada, J. Romero, A. Equihua *et al.* (eds.). Vol. 5. Tomo I. Sociedad Mexicana de Entomología, México, pp. 156-161.

Beutelspacher, C.R. 2000. *Catálogo de los alacranes de México*. UMSNH, México.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Chapman, A. 2009. Numbers of living species in Australia and the World. Australian Biodiversity Information Services, Toowoomba, Australia. En: *<http://www.environment.gov.au/biodiversity/abrs/publications/other/species-numbers/2009/03-exec-summary.html>*, última consulta: 10 de marzo de 2011.

Cruz-López, J.A. y O.F. Francke. 2012. Una nueva especie del género *Paramitraceras* Pickard-Cambridge (Opiliones: Laniatores: Stygnopsidae) de Veracruz, México. *Revista Ibérica de Aracnología* 20:17-23.

Colección Nacional de Arácnidos. 2013. Instituto de Biología-UNAM, México.

Colección Aracnológica de la UMSNH. 2014. Laboratorio de Entomología Biól. Sócrates Cisneros Paz. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Dunlop, J., O.E. Tetlie y L. Prendini. 2008. Reinterpretation of the silurian scorpion *Proscorpius osborni* (Whifield): integrating data from paleozoic and recent scorpions. *Palaeontology* 51:303-320.

Francke, O.F. 2010. Especies de escorpiones en México. Instituto de Biología-UNAM. En: *<http://www.ibiologia.unam.mx/html/mexico.html>*, última consulta: 12 de octubre de 2012.

Gaona-Escamilla, L. 2012. *Arácnidos no Araneae de la localidad de Las Flores, municipio de Morelia, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH. Morelia.

González-Santillán E. y L. Prendini. 2013. Redefinition and generic revision of the North American Vaejovid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, with descriptions of six new genera. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 382.

Harvey, M.S. 2002. The neglected cousins: what do we know about the smaller arachnid orders? *Journal of Arachnology* 30:357-372.

——. 2009. Pseudoscorpions of the World, version 1.2. Western Australian Museum, Perth. En: *<http://www.museum.wa.gov.au/arachnids/pseudoscorpions/>*, última consulta: 12 de junio de 2013.

——. 2011. Order Pseudoscorpiones de Geer, 1778. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). Magnolia Press, Nueva Zelanda, pp. 119-120.

Hedin, M., N. Tsurusaki, R. Macías-Ordóñez y J.W. Shultz. 2012. Molecular systematics of sclerosomatid harvestmen (Opiliones, Phalangioidea, Sclerosomatidae): Geography is better than taxonomy in predicting phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62:224-236.

Kury, A.B. 2011. Order Opiliones Sundevall, 1833. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). Magnolia Press, Nueva Zelanda, pp. 112-114.

Kury, A.B., y J.C. Cokendolpher. 2000. Opiliones. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). Vol. II. CONABIO. México, pp. 137-157.

Polis, G.A. 1990. *The biology of scorpions*. Standford University Press, EUA.

Ponce-Saavedra, J. 2005. Insectos y arácnidos (Anexos). En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SUMA/UMSNH, México, pp. 90-94.

Ponce-Saavedra, J. y C.R. Beutelspacher. 2001. *Alacranes de Michoacán*. UMSNH/Ediciones Michoacanas, México.

Ponce-Saavedra, J. y R. Moreno-Barajas. 2005. El género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en México. *Biológicas* 7:42-51.

Ponce-Saavedra, J. y O.F. Francke. 2013. Clave para la identificación de especies de alacranes del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el centro occidente de México. *Biológicas* 15(1):52-62.

Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke, A.F. Quijano-Ravell y R. Cortés-Santillán. 2016. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de importancia para la salud pública en México. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie) 2(3)45-70.

Prendini, L. 2011*a*. Order Amblypygi Thorell, 1833. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). Magnolia Press, Nueva Zelanda, pp. 154.

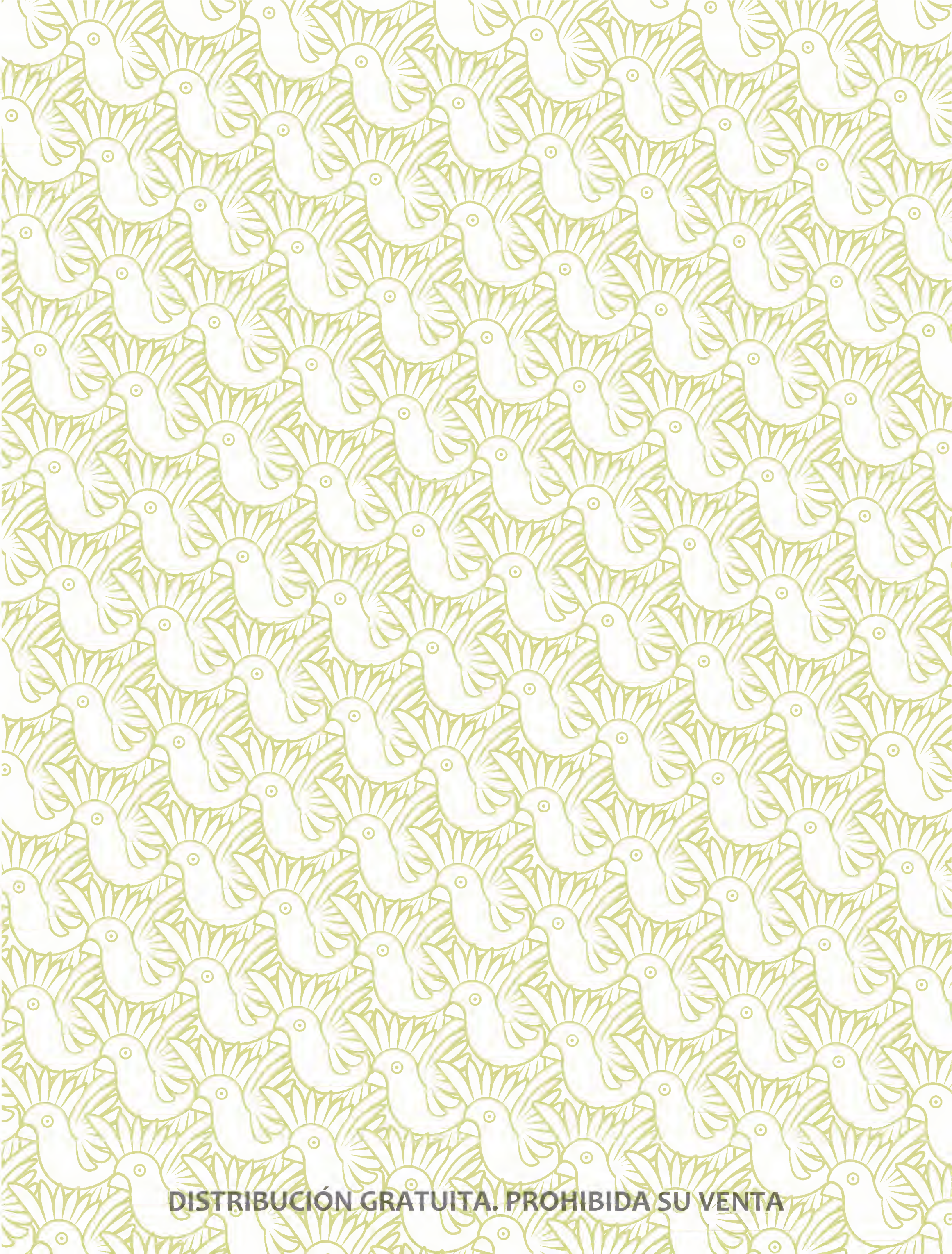
——. 2011*b*. Order Scorpiones C.L. Koch, 1850. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). Magnolia Press, Nueva Zelanda, pp. 115-117.

——. 2011*c*. Order Solifugae Sundevall, 1833. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). Magnolia Press, Nueva Zelanda, pp. 118.

——. 2011*d*. Order Thelyphonida Latreille, 1804. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). Magnolia Press, Nueva Zelanda, pp. 155.

Rein, J.O. 2018. The scorpion files. En: *<http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files>*, última consulta: noviembre de 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Crustáceos dulceacuícolas

GEMA YOLANDA ARMENDÁRIZ ORTEGA, FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA Y JOSÉ LUIS VILLALOBOS HIRIART

DESCRIPCIÓN

Los crustáceos constituyen un grupo de invertebrados que se caracteriza por presentar un exoesqueleto compuesto de quitina (polisacárido con fuertes puentes de hidrógeno que le da dureza al compuesto), un cuerpo con cabeza, tórax y abdomen. La cabeza cuenta con cinco segmentos y los apéndices son articulados con uno o dos ejes (uni o birrámeos), es decir, pueden presentar una rama o dos en cada apéndice; en los birramios de cada apéndice sale otra extensión y tienen dos pares de antenas (Brusca y Brusca 2003).

La mayor parte de los crustáceos son marinos, pero también hay un gran número de especies dulceacuícolas y terrestres. La mayoría desarrolla una larva, nauplio, como primer estadio larval del ciclo de vida, aunque dependiendo de la especie de crustáceo varía el número de estados larvales para llegar al juvenil y después al adulto. Si los organismos pasan por nauplio entonces se dice presentan desarrollo indirecto; sin embargo, en algunos grupos la primera larva puede ser una derivación de la etapa nauplio, o como en los decápodos dulceacuícolas puede presentar un desarrollo parcial (pocos estadios larvales) o totalmente abreviado (sin etapas larvales) en donde la primera etapa del ciclo es la juvenil (morfológicamente parecido al adulto), eso se define como desarrollo directo y se presenta en grupos terrestres como las cochinillas, en las cuales no hay etapas larvales y los organismos eclosionan del huevo como juveniles.

Algunas especies dependen de aguas salobres costeras para completar su ciclo de vida (anfídromos), como los langostinos. Otros organismos, como los acociles y los cangrejos de agua dulce, presentan desarrollo embrionario directo y tienen pocos huevos por puesta, característica que los hace vulnerables dentro del ambiente. Si esto se combina con la fragmentación de su hábitat da como resultado el aislamiento de las poblaciones, genera endemismos a lugares específicos y que se originen nuevas especies (Villalobos y Álvarez 2010). Las variaciones en su morfología, en sus ciclos de vida y en la diversidad de hábitats que ocupan los hace uno de los grupos de invertebrados más exitosos del planeta.

DIVERSIDAD

Armendáriz, G., F. Álvarez y J.L. Villalobos-Hiriart. 2019. Crustáceos dulceacuícolas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 395-400.

El grupo de los crustáceos es muy diverso a nivel mundial, cuenta con más de 67 mil especies organizadas en cinco clases, 1 003 familias y 9 522 géneros (Ahyong *et al.* 2011). En México la diversidad de crustáceos dulceacuícolas es alta (Elías-Gutiérrez *et al.* 2008, Villalobos y Álvarez 2008,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Rocha *et al.* 2009), sin embargo, es difícil hablar de un número aproximado de especies de agua dulce.

En Michoacán se encuentran los principales grupos de crustáceos de México: copépodos, cladóceros, argúlidos, anfípodos, isópodos y decápodos (acociles, langostinos y cangrejos). Cabe destacar que de los órdenes Arguloida, Amphipoda e Isopoda se tiene reportado una sola especie para cada uno.

El análisis de la literatura reciente y del catálogo de la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología (CNCR) de la UNAM, muestra que en Michoacán se distribuyen 43 especies (42 identificadas) de crustáceos dulceacuícolas representadas en tres clases, ocho órdenes, 15 familias y 29 géneros (apéndice 46).

El orden con mayor cantidad de géneros (6) y especies (17) es Decapoda (clase Malacostraca; figura 1) y representa 40% de las especies del estado. El género *Macrobrachium* presenta cinco especies de camarones de agua dulce (figura 2); lo anterior destaca la importancia de este grupo debido a su abundancia y riqueza específica, pero también sugiere que otros grupos de crustáceos de menor interés no han sido estudiados regionalmente.

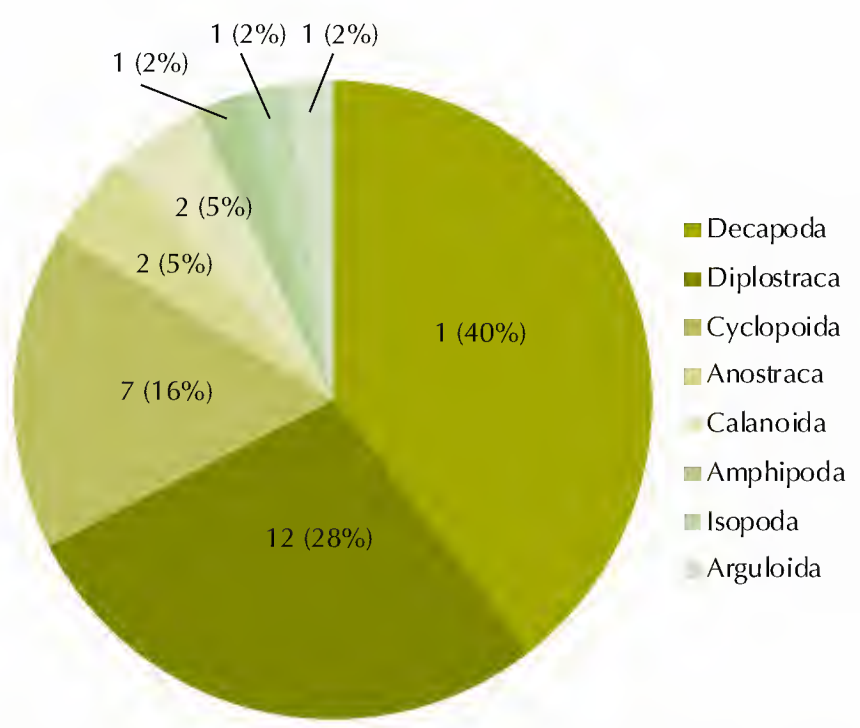


FIGURA 1. Número de especies (y su correspondiente porcentaje) en cada orden de crustáceos de agua dulce. Fuente: Colección Nacional de Crustáceos, Elías-Gutiérrez *et al.* 2008.

Prácticamente todas las especies de acociles de la familia Cambaridae y de los cangrejos de la familia Pseudothelphusidae distribuidos en México son endémicas y presentan áreas de distribución muy reducidas, lo cual ocurre también en Michoacán, donde hay tres especies de acociles (*Cambarellus patzcuarensis*, *Procambarus bouvieri* y *P. digueti*) y una de cangrejo (*Pseudothelphusa belliana*), endémicas para el estado; incluso hay un copépodo (*Skistodiaptomus oregonensis*), que es la única especie de ese género distribuida en México.

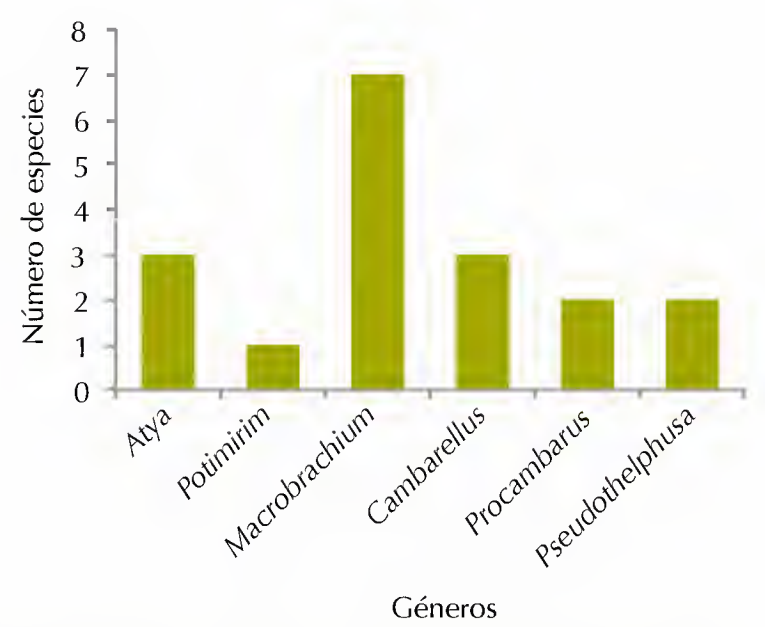


FIGURA 2. Número de especies, por género, del orden Decapoda. Fuente: Colección Nacional de Crustáceos.

En contraste, las especies de langostinos que se registran en Michoacán, como *Macrobrachium tenellum*, *M. americanum* y *M. occidentale*, son individuos con amplia distribución latitudinal, que va de Sonora y Baja California, a través de Centroamérica, hasta el norte de Sudamérica (Mejía y Álvarez 2010); aunque en México hay especies del género *Macrobrachium* con desarrollo abreviado, ninguna se encuentra en Michoacán.

Por otra parte, los cladóceros y copépodos (clase Branchiopoda y Maxillopoda) se encuentran entre los representantes más importantes del zooplancton dulceacuícola de México. Los primeros están representados por 150 especies, 14 en Michoacán, integradas en seis familias y 11 géneros (apéndice 46; Elías-Gutiérrez *et al.* 2008). En cuanto a los copépodos, a nivel mundial existen cerca de dos mil especies dulceacuícolas, la mayoría con distribuciones restringidas, por lo que la tasa de endemismo es alta (Elías-Gutiérrez *et al.* 2008). En México se tienen registradas 100 especies dulceacuícolas, de las cuales nueve se encuentran en Michoacán y están integradas en las familias Diaptomidae y Cyclopidae, en nueve géneros (Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez 2003).

DISTRIBUCIÓN

Los crustáceos dulceacuícolas se distribuyen a lo largo de las cinco provincias fisiográficas de la entidad (Antaramián y Correa 2003). La Llanura Costera es la que tiene mayor cantidad de registros (12 especies de decápodos, de los cuales 11 son camarones y uno es cangrejo). En esta provincia se pueden encontrar todas las especies del langostino del género *Macrobrachium* reportadas para Michoacán (*M. americanum*, *M. digueti*, *M. hobbsi*, *M. michoacanus*, *M. occidentale*, *M. olfersii* y *M. tenellum*); y camarones de la familia

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Atyidae, géneros *Atya (A. crassa, A. margaritacea* y *A. ortmannioides*; Villalobos 1956) y *Potimirim* (*P. glabra*; figura 3), habitando desde las zonas de desembocadura de los ríos hasta los 800 m de altitud (Villalobos 1956). En la Depresión del Balsas-Tepalcatepec se distribuye únicamente la especie de acocil *Cambarellus montezumae*. 24 especies no pudieron ser reportadas para una provincia específica, debido a que en la publicación original no se hace referencia a la localidad.

FIGURA 3. Camarón atyido *Potimirim* sp. Foto: Fernando Álvarez Noguera

FIGURA 4. Cangrejo *Pseudothelphusa* sp. Foto: Fernando Álvarez Noguera

En las provincias Altiplanicie y Sistema Volcánico Transversal son predominantes las especies de acociles: *Cambarellus montezumae, C. patzcuarensis, Procambarus bouvieri, P. digueti, Pseudothelphusa belliana* y *P. jouyi* (figura 4). No comparten ambas provincias: *Cambarellus chapalanus* (reportada para la provincia Altiplanicie), el anfípodo *Hyalella azteca* y *Caecidotea communis* (con distribución en el Sistema Volcánico Transversal). En esas regiones de grandes ecosistemas lénticos también se encuentran copépodos y cladóceros (apéndice 46).

La Depresión del Balsas-Tepalcatepec y la parte alta de la cordillera costera del sur (Sierra Madre del Sur) podrían ser zonas de transición entre la fauna típica de la Altiplanicie y la Llanura Costera, por lo que dependiendo del estrato altitudinal que se trate es el tipo de especies que se distribuyen; precisamente tanto la Depresión del Balsas-Tepalcatepec como la Sierra Madre del Sur no se han muestreado, por lo que en la Colección Nacional de Crustáceos no se encontraron datos de especies dulceacuícolas para la zona; en la figura 5 y en el apéndice 47 se muestra la distribución de los crustáceos de agua dulce en el estado.

IMPORTANCIA

Los crustáceos tienen importancia ecológica dentro de las redes tróficas de los ambientes dulceacuícolas. Muchos grupos forman parte del zooplancton, como larvas o como adultos, y por lo tanto forman parte de los primeros niveles tróficos, sólo después de los productores primarios. Los acociles, por ejemplo, tienen una función importante ya que permiten la descomposición y reciclado del material vegetal, poniendo a disposición de otros organismos (bacterias y hongos) gran cantidad de nutrimentos. A su vez, los crustáceos son depredados por una amplia variedad de organismos dulceacuícolas y terrestres, sobre todo peces y mamíferos pequeños (Crowl *et al.* 2001, Alonso-Eguía Lis 2007).

La importancia económica de este grupo está basada en las especies que son explotadas para consumo. En México, la explotación de estos crustáceos se da a través de la pesca artesanal, con poca comercialización a escala regional.

En Michoacán tres especies de langostinos son las de mayor importancia: *Macrobrachium americanum, M. occidentale* y *M. tenellum*, en menor proporción se explotan *M. michoacanus* y *M. hobbsi*. En los lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo se consumen los acociles *Cambarellus patzcuarensis* y *C. montezumae* (figura 6), respectivamente. De forma indirecta, los crustáceos mantienen poblaciones de otras especies con importancia comercial; por ejemplo, los acociles son los principales alimentos del pato mexicano *Anas platyrhynchos diazi*, sobre todo en épocas otoñales y de apareamiento, que tiene importancia cinegética y de conservación dentro de la cuenca hidrológica del río Lerma (Colón-Quezada 2009). Otra aplicación es la fabricación de harinas, como alimento de peces de acuario o de granjas de acuacultura (Cortés-Jacinto *et al.* 2003, Aguilar *et al. 2008*).

Por otro lado, los cangrejos de agua dulce tienen importancia médica al ser hospederos intermediarios del gusano tremátodo del género *Paragonimus*. La paragonimiasis es una enfermedad crónica pulmonar de mamífe-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

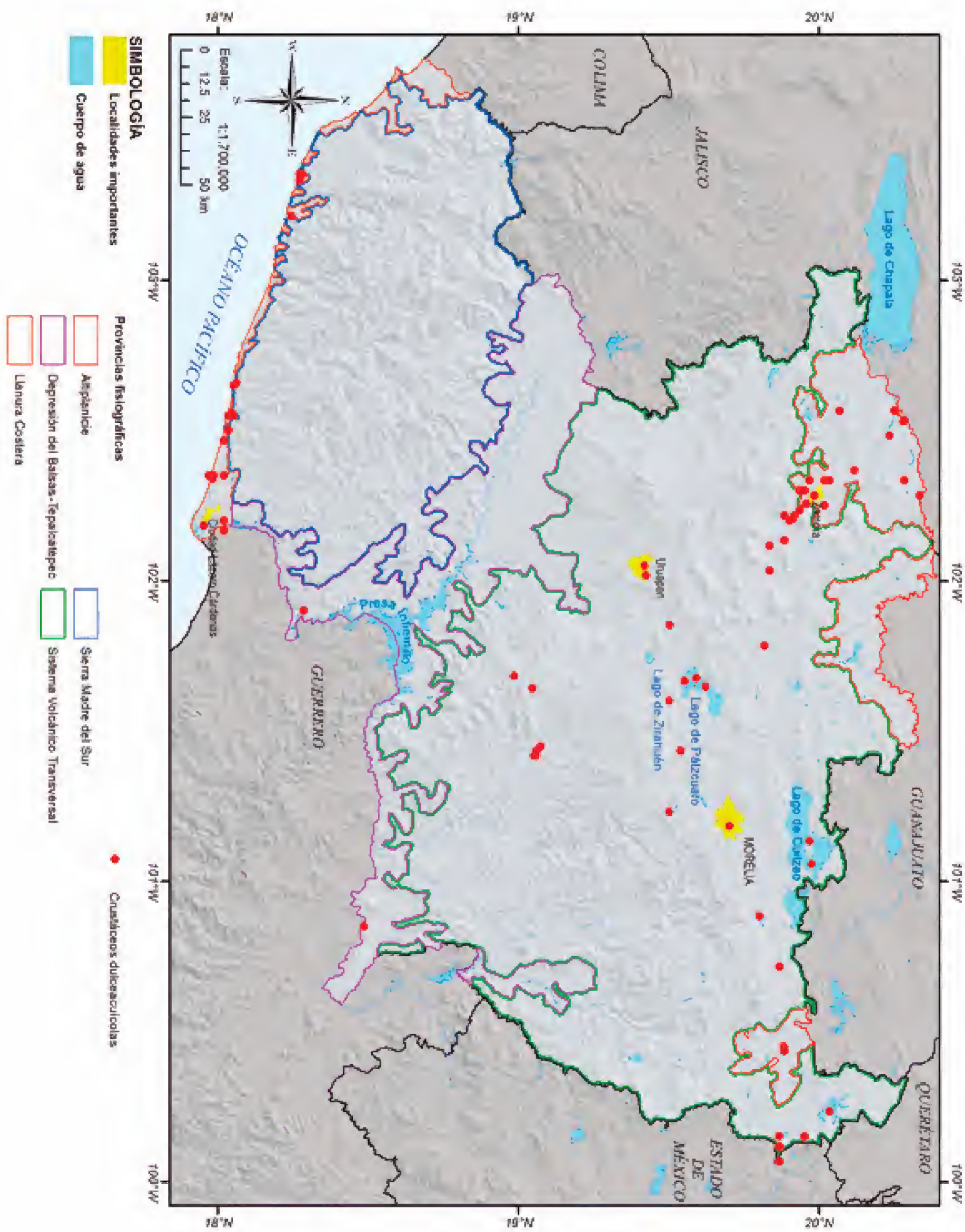


FIGURA 5. Localidades en las que se han muestreado crustáceos de agua dulce. Fuente: elaboración propia con datos de la Colección Nacional de Crustáceos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ros carnívoros, que afecta al ser humano en regiones tropicales y subtropicales. Estos gusanos se adquieren al consumir crustáceos (langostinos y cangrejos) crudos o mal cocidos, contaminados con larvas enquistadas (envueltas en una cubierta muy resistente llamada quiste) del parásito (Williams y Jones 1994). A nivel mundial el género *Paragonimus* está representado por 20 especies, no obstante, en México sólo se distribuye *P. mexicanus* en Colima, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Estado de México, Ciudad de México y Michoacán. En el estado se han encontrado registros en los municipios de Taretan y Jungapeo, en el Sistema Volcánico Transversal, y se encuentran depositados en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE, del Instituto de Biología-UNAM).

FIGURA 6. Acocil *Cambarellus montezumae*. Foto: Fernando Álvarez.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Se tiene poco conocimiento del estado de conservación de los invertebrados acuáticos. De las más de 2 600 especies que están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, entre anfibios, aves, hongos, mamíferos, peces, plantas y reptiles, sólo 1.8% corresponde a especies de invertebrados. Ninguna especie de crustáceo presente en Michoacán está incluida dentro de esa norma; no obstante, en el estado se encuentran varias especies que tienen distribuciones muy reducidas y que, por ese hecho, deberían estar consideradas bajo alguna categoría de protección (Sánchez *et al.* 2007). Por ejemplo, los acociles *Procambarus bouvieri* de la presa Caltzontzin y alrededores de Uruapan, *P. digueti* de una sección del río Duero (Rodríguez-Virgen 2003) y *Cambarellus patzcuarensis* del lago de Pátzcuaro tienen áreas de distribución restringidas (Pedraza *et al.* 2012).

Por otro lado, cuatro especies de decápodos se han incluido en la lista roja de la UICN, en las categorías de amenazadas (*Cambarellus chapalanus*) o en peligro de extinción (*C. patzcuarensis, Procambarus bouvieri y P. digueti*; apéndice 46).

Los cangrejos *P. purhepecha* y *Pseudothelphusa jouyi*, aparentemente con distribuciones amplias dentro de Michoacán, presentan variaciones morfológicas locales que deben ser estudiadas, porque es probable existan nuevas especies (Villalobos-Hiriart 2005).

Dentro de los registros de la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) se destaca el registro de *Argulus* sp., la única especie de argúlido reportada en el estado parasitando al ajolote *Ambystoma andersoni,* especie endémica de la laguna de Zacapu. Los argúlidos son crustáceos ectoparásitos especializados en fijarse a la piel de ranas, ajolotes y branquias de peces. *Ambystoma andersoni* está considerada en la categoría de protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que la UICN la ha decretado en peligro crítico. En el 2005 esta especie estuvo considerada como altamente vulnerable, pero aún presente dentro de la laguna de Zacapu (Aguilar-Miguel 2005). El ajolote se consume localmente, lo que genera presión de pesca y también se captura para su venta en el mercado local (Huacuz 2001); lo anterior podría generar una situación en la que si la especie hospedera desaparece también lo harán sus especies asociadas, como simbiontes o parásitos; a este proceso se le ha llamado coextinción (Dunn *et al.* 2009) y debe tomarse en cuenta para el manejo integral de especies amenazadas.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Las actividades agrícolas y los represamientos son las principales amenazas a las especies de crustáceos dulceacuícolas (Villalobos y Álvarez 2010). La fauna de crustáceos es susceptible a cambios en la calidad del agua y, por supuesto, a la disminución de los niveles normales en los distintos cuerpos de agua (March *et al.* 2001). Se sabe, por ejemplo, que los acociles pueden tolerar niveles moderados de contaminación orgánica, mientras que los cangrejos requieren de buena calidad de agua (Villalobos *et al.* 2010).

CONCLUSIONES

Dentro de las especies de crustáceos que se distribuyen en Michoacán se encuentran especies emblemáticas como los acociles de Cuitzeo, de Pátzcuaro o de Uruapan, los cuales pueden desaparecer si los niveles de contaminación siguen aumentando y si los niveles de agua fluctúan más allá de los límites naturales. Por lo anterior, la regulación de cursos de agua por medio de canales y presas debe contemplar mecanismos que permitan a las especies dulceacuícolas mantener hábitats no contaminados. El uso de agua con fines agrícolas, industriales o urbanos y la contaminación que provocan las aguas residuales son aspectos básicos que deben priorizarse y revalorar las normas vigentes.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las acciones de conservación para mantener la fauna de crustáceos dulceacuícolas tienen que estar enfocadas en la conservación del hábitat, el control de la contaminación y, para ciertas especies, una regulación más detallada sobre su explotación.

Asimismo, la promoción de prácticas sustentables dentro de las normas establecidas puede asegurar la supervivencia de esas especies y disminuir la presión ejercida por las actividades agrícolas y los represamientos que se realizan en el estado.

Aunque es posible que se conozca un alto porcentaje de las especies de crustáceos dulceacuícolas que se distribuyen en Michoacán, es deseable realizar inventarios periódicos para conocer el estado de esas poblaciones y explorar cuerpos de agua, principalmente en las zonas altas de los ríos, en busca de especies que todavía no han sido registradas o descritas para la región.

REFERENCIAS

Aguilar-Miguel, X. 2005. *Ambystoma andersoni*. En: Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W035. Centro de Investigación en Recursos Bióticos-UAEM/CONABIO, México.

Aguilar, R., G. Salgado, R. Contreras y A. Martínez. 2008. Richness and endemism of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society* 94:435-444.

Ahyong, S.T., J.K. Lowry, M. Alonso *et al.* 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. *Zootaxa* 3148:165-191.

Alonso-Eguía Lis, P. 2007. Importancia del estudio de la entomofauna acuática para la conservación y manejo sustentable de sistemas dulceacuícolas de México. En: *Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: estado actual de conocimiento y aplicación*. R. Novelo y P. Alonso-Eguía Lis (eds.). IMTA/SME, México, p. 52.

Antaramián H., E. y G. Correa P. 2003. Fisiografía. En: *Atlas Geográfico de Michoacán*. SEP/UMSNH/EDDISA, México.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2003. *Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., España.

Colón-Quezada, D. 2009. Composición de la dieta de otoño del pato mexicano (*Anas diazi*) en el vaso sur de las Ciénegas del Lerma, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:193-202.

Cortés-Jacinto, E., H. Villarreal-Colmenares, R. Civera-Cerecedo y R. Martínez-Córdova. 2003. Effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture Nutrition* 9:207-213.

Crowl, T.A., W.H. McDowell, A.P. Covich y S.L. Johnson. 2001. Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. *Ecology* 82:775-783.

Dunn, R.R., N.C. Harris, R.K. Colwell *et al.* 2009. The sixth mass coextinction: are most endangered species parasites and mutualists? *Proceedings of the Royal Society B* 276:3037-3045.

Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M.A. Gutiérrez-Aguirre *et al.* 2008. *Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México*. UNAM/CONABIO/ECOSUR/CONACYT, México.

Huacuz, D. 2001. *Estado de conservación del género Ambystoma en Michoacán, México*. UMSNH, Morelia.

March, J.G., J.P. Benstead, C.M. Pringle y M.W. Ruebel. 2001. Linking shrimp assemblages with rates of detrital processing along an elevational gradient in a tropical stream. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences* 58:470-478.

Mejía-Ortiz, L.M, y F. Álvarez. 2010. Seasonal patterns in the distribution of three species of Macrobrachium along an altitudinal river gradient. *Crustaceana* 83(4):385-397.

Pedraza, C., I. Doadrio, J.W. Breinholt y K.A. Crandall. 2012. Phylogeny and evolutionary patterns in the dwarf crayfish subfamily (Decapoda: Cambarellinae). *PLoS ONE* 7:e48233.

Rocha, A., F. Álvarez, J. Alcócer *et al.* 2009. Lista anotada de los isópodos acuáticos epicontinentales de México (Crustacea: Isopoda). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:615-631.

Rodríguez-Virgen, I.T. 2003. *Conservación y manejo de Procambarus bouvieri en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama *et al.* 2007. *Método de evaluación de riesgo de extinción de especies silvestres en México (MER)*. SEMARNAT/INE/Instituto de Ecología/UNAM/CONABIO, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez. 2003. Estado actual del conocimiento de los copépodos de aguas continentales de México. En: *Planctología Mexicana*. M.T. Barreiro-Güemes, M.E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon y M.G. Figueroa-Torres (eds.). Sociedad Mexicana de Planctología, A.C., México, pp. 157-169.

Villalobos, A. 1956. Contribución al conocimiento de los Atyidae de México. I: una nueva especie de *Atya* de la vertiente del Pacífico del estado de Michoacán. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 26:459-475.

Villalobos, J.L. y F. Álvarez. 2008. Los cangrejos de la familia Pseudothelphusidae (Decapoda: Brachyura: Eubrachyura) de México, con un apéndice de las especies citadas para América hasta el 2006. En: *Crustáceos de México: Estado actual de su conocimiento*. F. Álvarez y G. Rodríguez-Almaraz (eds.). UANL, Monterrey, pp. 239-300.

——. 2010. Phylogenetic analysis of the Mexican freshwater crabs of the tribe Pseudothelphusini (Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 160:457-481.

Villalobos-Hiriart, J.L. 2005. *Sistemática de los cangrejos de agua dulce de México, Tribu Pseudothelphusini Ortmann, 1897 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae). Análisis filogenético, biogeográfico y descripción de especies nuevas*. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. UNAM, México.

Villalobos-Hiriart, J.L, F. Álvarez, C. Hernández *et al.* 2010. Crustáceos decápodos de las cuencas Copalita, Zimatán y Coyula, en Oaxaca, México. S99-S111. En: *VI Reunión Nacional Alejandro Villalobos*. F. Álvarez-Noguera, J.L. Villalobos y M. Hendrickx (eds.). Mazatlán.

Williams, H. y A. Jones. 1994. *Parasitic worms of fish*. Taylor y Francis Ltd., Londres.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ciempiés: Chilopoda

FABIO GERMÁN CUPUL MAGAÑA, ANA LETICIA ESCALANTE JIMÉNEZ Y JULIÁN BUENO VILLEGAS

La clase Chilopoda, cuyos miembros son conocidos comúnmente como ciempiés, está representada a nivel mundial por cerca de 3 300 especies que habitan la Tierra desde hace 420 millones de años. Se clasifican en cinco órdenes: Scutigeromorpha, Lithobiomorpha, Craterostigmomorpha, Scolopendromorpha y Geophilomorpha (Edgecombe y Giribet 2007); junto con los milpiés (Diplopoda), los ciempiés de jardín (Symphyla) y los paurópodos (Paurópoda) integran la superclase Myriapoda. Se trata de artrópodos depredadores que habitan sobre todo los suelos de desiertos, selvas y bosques de las regiones tropicales y subtropicales (Lewis 1981), en donde diversas especies de aves, mamíferos y reptiles se alimentan de ellos (Cupul-Magaña 2010*a*).

DESCRIPCIÓN

Los quilópodos son animales de cuerpo blando y comprimido dorsoventralmente, cuya talla promedio oscila entre 1 a 10 cm, aunque existen especies tropicales que alcanzan los 26 cm (Edgecombe y Giribet 2007). El cuerpo está segmentado y diferenciado en cabeza y tronco. En cada segmento tienen un par de patas, cuyo número varía de acuerdo con la especie, de 15 a 191 pares a lo largo de todo el cuerpo (Edgecombe y Giribet 2007). El primer par de patas está modificado a manera de colmillos o forcípulas, las cuales emplean para inyectar veneno a sus presas (Lewis 1981).

Son organismos opistogoneados, es decir, tienen los orificios genitales en posición terminal. Presentan fecundación interna y depositan huevos de donde eclosionan sus crías. Dependiendo del orden al que pertenezcan, estas crías presentarán el mismo número de segmentos en la etapa adulta (epimórficos) o un número reducido que se irá incrementando cada vez que muden (anamórficos). En varias especies se ha observado cuidado de los huevos por parte de las hembras, con diferencias respecto a dónde portan la puesta, ya que algunas lo hacen en la parte ventral del cuerpo y otras en la dorsal (Edgecombe y Giribet 2007).

Debido a que los ciempiés son netamente depredadores, son vulnerables a cambios drásticos de vegetación y uso del suelo, factores que tienen repercusión sobre la presencia y densidad de sus presas, lo que provoca la disminución o desaparición de sus poblaciones (Voigtländer 2011).

DIVERSIDAD

Cupul-Magaña, F.G., A.L. Escalante-Jiménez y J. Bueno-Villegas. 2019. Ciempiés: Chilopoda. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 401-405.

En México se han contabilizado 180 especies de ciempiés incluidas en cuatro órdenes y 16 familias (Cupul-Magaña 2013): Scutigeromorpha (Pselliodidae y Scutigeridae), Lithobiomorpha (Lithobiidae y Henicopidae), Scolopendromorpha (Scolopendridae, Cryptopidae y Scolopocryptopidae) y Geophilomorpha (Neogeophilidae, Eriphantidae, Oryidae, Linotaeniidae, Geophilidae,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ballophilidae, Mecistocephalidae, Schendylidae e Himantariidae).

Por su parte, para Michoacán se han registrado 13 especies de ciempiés incluidas en cuatro familias (apéndice 48; Chamberlin 1942, 1943; Foddai *et al.* 2000, Shelley 2002, Cupul-Magaña 2007, 2010*b*, 2013; Edgecombe y Cupul-Magaña 2008): *Dendrothereua linceci* (figura 1a), *Scutigera tancitarona*, *Cerrobius tancitarus*, *Friobius zitacuarus*, *Garrina michoacana*, *Labrobius bolivari*, *Lithobius michoacanus*, *Vulcanbius pedrigalus*, *Scolopendra chlora*, *S. michoacana*, *S. polymorpha* (figura 1b), *S. viridis* (figura 1c) y *Rhysida longipes* (figura 1d).

De acuerdo con Mundel (1981), la descripción realizada por Chamberlin (1942), cuando erigió la especie *V. pedrigalus*, no corresponde con lo que se puede observar en el ejemplar tipo depositado en el Museo Smithsoniano de Historia Natural en Washington, EUA; por lo que es probable no corresponda a esta especie. Sin embargo, se requiere de estudios más detallados para resolver esta dificultad taxonómica. Por su parte, Edgecombe y Cupul-Magaña (2008) mencionan que puede ser que *S. tancitarona* sea una sinonimia de *D. linceci* (es decir, la misma especie pero con nombre diferente); en esta contribución se considera a *V. pedrigalus* y a *S. tancitarona* como especies válidas.

ENDEMISMOS

Nueve de las 13 especies registradas para Michoacán son endémicas de México y siete de ellas exclusivas del estado. Las cuatro especies restantes (no endémicas) se distribuyen hacia EUA o Centroamérica. Es importante notar que para las especies *Scutigera tancitarona*, *Cerrobius tancitarus*, *Garrina michoacana*, *Friobius zitacuarus*, *Labrobius bolivari*, *Lithobius michoacanus*, *Vulcanbius pedrigalus*, *Scolopendra chlora* y *S. michoacana*, sólo se conocen entre uno y nueve ejemplares por especie, seguramente debido al esfuerzo de colecta a nivel nacional y a que actualmente sólo dos mexicanos investigan de forma activa el grupo.

DISTRIBUCIÓN

En México la clase Chilopoda se presenta en todo el territorio nacional e incluso en varias de sus islas, en desiertos, bosques tropicales y templados (Chamberlin 1943, Cupul-Magaña 2013). La distribución del grupo dentro de Michoacán se limita a las localidades de Apatzingán (provincia Depresión del Balsas-Tepalcatepec), Centro Ecoturístico Pantzingo, Pico (cerro) de Tancítaro, Landero (municipio Benito Juárez), Tolcayuca, Tingambato, Villa Madero, Zitácuaro (región del Sistema Volcánico Transversal) y Maravatío (provincia Atiplanicie; figura 2; apéndice 48). Cabe mencionar que cinco de las especies fueron descritas por Chamberlin (1942), a partir de ejemplares provenientes del Pico de Tancítaro, lo que lo ubica como un importante centro de diversidad biológica de ciempiés para el estado y el país.

Por provincias fisiográficas se puede mencionar que la región del Sistema Volcánico Transversal es la

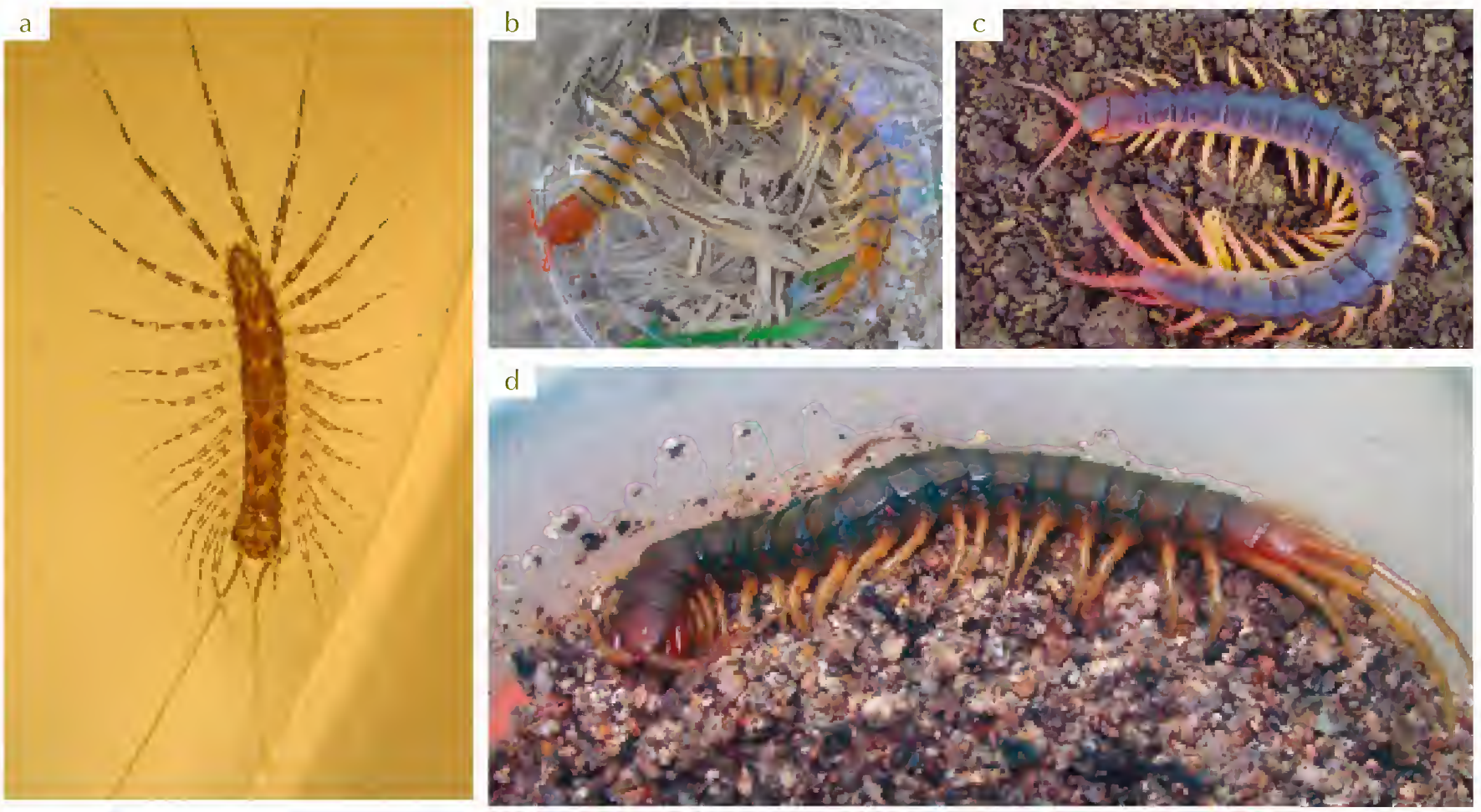


FIGURA 1. Cuatro especies de ciempiés con distribución en Michoacán: a) *Dendrothereua linceci*, b) *Scolopendra polymorpha*, c) *S. viridis*, d) *Rhysida longipes*. Fotos: Fabio Cupul.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

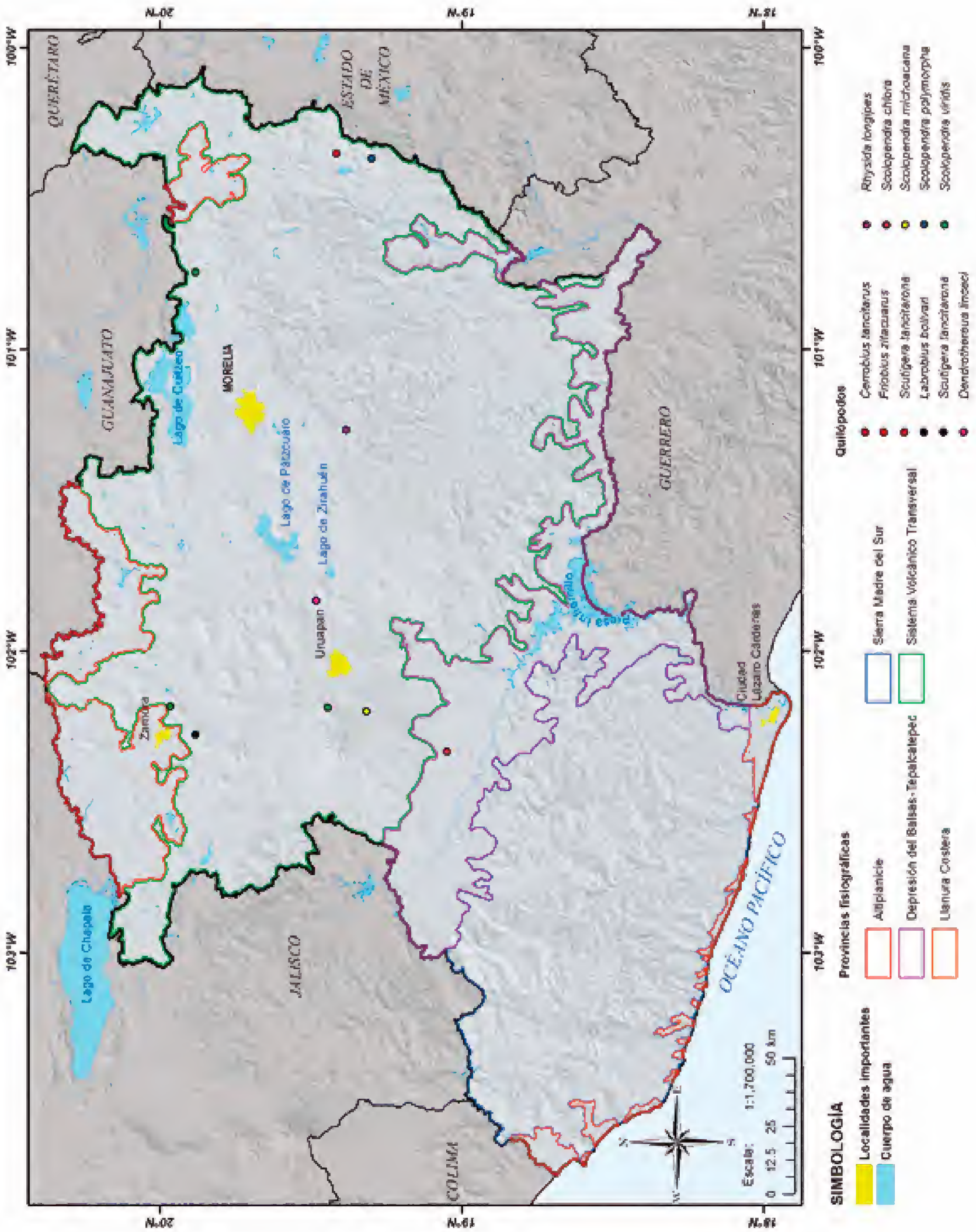


FIGURA 2. Localidades de recolecta de ciempiés. Fuente: Cupul-Magaña 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que presenta el mayor número de registros y de especies, con 14 y 12, respectivamente; mientras que en Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Altiplanicie se registró una sola especie; además, dentro del territorio michoacano no hay registros documentados para ciempiés en la Llanura Costera y la Sierra Madre del Sur.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y ECONÓMICA

De manera general, los ciempiés forman parte importante de la dieta de varias especies de mamíferos terrestres, aves y reptiles (Leopold y McCabe 1957, Sanabria *et al.* 1995, Taylor 2001, Cantú-Salazar *et al.* 2005). En México se tienen estudios que los incluyen como una fracción significativa de la fauna del suelo y la hojarasca del bosque seco (Palacios-Vargas *et al.* 2007).

Este grupo se considera importante en salud pública porque tienen la capacidad de infligir mordeduras venenosas (Shelley 2002) que afectan las membranas de las células nerviosas y musculares (Gutiérrez *et al.* 2003); sin embargo, las toxinas del veneno de los ciempiés no han sido muy estudiadas. A partir del poco conocimiento que se tiene, se ha establecido que es posible desarrollar productos farmacéuticos inyectables que permitan la fácil dispersión de un medicamento en el cuerpo humano para calmar dolores o combatir tumores (Muñoz-Andrade *et al.* 2005, Muñoz-Andrade 2006); en México se están realizando investigaciones encaminadas a conseguir este objetivo.

No existen registros sobre la importancia cultural del ciempiés en Michoacán.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

No se dispone de suficiente información para realizar una evaluación del estado de conservación del grupo y hasta el momento no se registran especies bajo algún estatus de protección, por lo que éste puede ser definido como incierto. Sin embargo, la amplia diversidad observada en el Pico de Tancítaro pone de manifiesto lo importante que es la conservación de este espacio natural decretado como parque nacional desde 1940 (Velázquez-Montes y Fuentes-Junco 2004).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Las actividades agrícolas, con la consecuente destrucción del hábitat, son prácticas que potencialmente pueden afectar las poblaciones de ciempiés. Por ejemplo, en el Pico de Tancítaro (Velázquez-Montes y Fuentes-Junco 2004), el indiscriminado cambio en el uso del suelo ha mermado las poblaciones de insectos y otras presas de los ciempiés, lo que puede ocasionar la reducción o desaparición de las poblaciones de quilópodos.

CONCLUSIONES

La carencia de información sobre los ciempiés de Michoacán hace necesario efectuar estudios para evaluar su diversidad y abundancia, lo cual contribuirá a conocer el papel que juegan dentro de los ecosistemas del estado. Los ciempiés (junto con los milpiés y escorpiones) son componentes útiles al momento de evaluar la diversidad de una región, en virtud de que son longevos, de relativa baja movilidad, presentan un amplio intervalo de tamaños y pueden ser determinados por expertos hasta nivel de especie. Estos atributos pueden contribuir a considerarlos como indicadores de la diversidad de invertebrados no voladores del suelo (Druce *et al.* 2004). Asimismo, la composición de la macrofauna del suelo puede ser indicador de la "salud" de este ambiente (Bautista *et al.* 2009). El conocimiento total de la diversidad de ciempiés en el estado puede llevar al descubrimiento de nuevas especies con venenos que pueden ser potencialmente útiles para la elaboración de fármacos que permitan aliviar enfermedades en los humanos, así como profundizar en el conocimiento de su papel como controladores de otros invertebrados que pueden convertirse en plagas importantes.

REFERENCIAS

Bautista, F., C. Díaz-Castelazo y M. García-Robles. 2009. Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:185-197.

Cantú-Salazar, L., M.G. Hidalgo-Mihart, C.A. López-González y A. González-Romero. 2005. Diet and food resource use by pygmy skunk (*Spilogale pygmaea*) in the tropical dry forest of Chamela, Mexico. *Journal of Zoology* 267:283-289.

Chamberlin, R.V. 1942. On ten new centipedes from México and Venezuela. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 55:17-24.

——. 1943. On Mexican centipeds. *Bulletin of the University of Utah* 33:1-55.

Cupul-Magaña, F.G. 2007. *Scolopendra viridis* Say, 1821 Chilopoda: Scolopendromorpha: Scolopendridae. *Dugesiana* 14:53-57.

——. 2010*a*. El ciempiés: un bicho que se parece al borde de un petate viejo. *Biodiversitas* 88:8-11.

——. 2010*b*. An annotated list of the centipedes (Chilopoda) in the National Collection of Arachnids. *Insecta Mundi* 0125:1-10.

——. 2013. La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Dugesiana* 20:17-41.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Druce, D., M. Hamer y R. Slotow. 2004. Sampling strategies for millipedes (Diplopoda), centipedes (Chilopoda) and scorpions (Scorpionida) in savanna habitats. *African Zoology* 39:293-304.

Edgecombe, G.E. y F.G. Cupul-Magaña. 2008. Primer registro de *Scutigera linceci* (Wood, 1867) para Jalisco y anotaciones sobre los escutigeromorfos de México (Chilopoda: Scutigeromorpha: Scutigeridae). *Dugesiana* 15:17-19.

Edgecombe, G.E. y G. Giribet. 2007. Evolutionary biology of centipedes. *Annual Review of Entomology* 52:151-170.

Foddai, D., L.A. Pereira y A. Minelli. 2000. A catalogue of the geophilomorph centipedes (Chilopoda) from Central and South America including Mexico. *Amazoniana* 16:59-185.

Gutiérrez, M.C., C. Abarca y L.D. Possani. 2003. A toxic fraction from *Scolopendra* venom increases the basal release of neurotransmitters in the ventral ganglia of crustaceans. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C. Toxicology and Pharmacology* 135:205-214.

Leopold, A.S. y R.A. McCabe. 1957. Natural history of the Montezuma quail in Mexico. *The Condor* 59:3-26.

Lewis, J.G.E. 1981. *The biology of centipedes*. Cambridge University Press, Nueva York.

Mundel, P. 1981. A review of the lithobiomorph centipedes of Mexico. Tesis de doctorado. University of Wisconsin, Madison.

Muñoz-Andrade, B. 2006. Purificación y caracterización de la proteína responsable de la actividad hialuronidasa presente en el veneno del ciempiés (*Scolopendra viridis* Say, 1821). Tesis de maestría en biotecnología. UAEM, Cuernavaca.

Muñoz-Andrade, B., L. Valladares-Cisneros y M.C. Gutiérrez-Villafuerte. 2005. Aislamiento y caracterización del péptido responsable de la actividad hialuronidasa presente en el veneno del ciempiés (*Scolopendra viridis* Say, 1821). En: *Memorias del XI Congreso de Biotecnología y Bioingeniería*. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C., Mérida.

Palacios-Vargas, J.G., G. Castaño-Meneses, J.A. Gómez-Anaya *et al.* 2007. Litter and soil arthropods diversity and density in a tropical dry forest ecosystem in western Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16:3703-3717.

Sanabria, B., A. Ortega-Rubio y C. Argüelles-Méndez. 1995. Food habits of the coyote in the Vizcaíno desert, Mexico. *Ohio Journal of Science* 95:289-291.

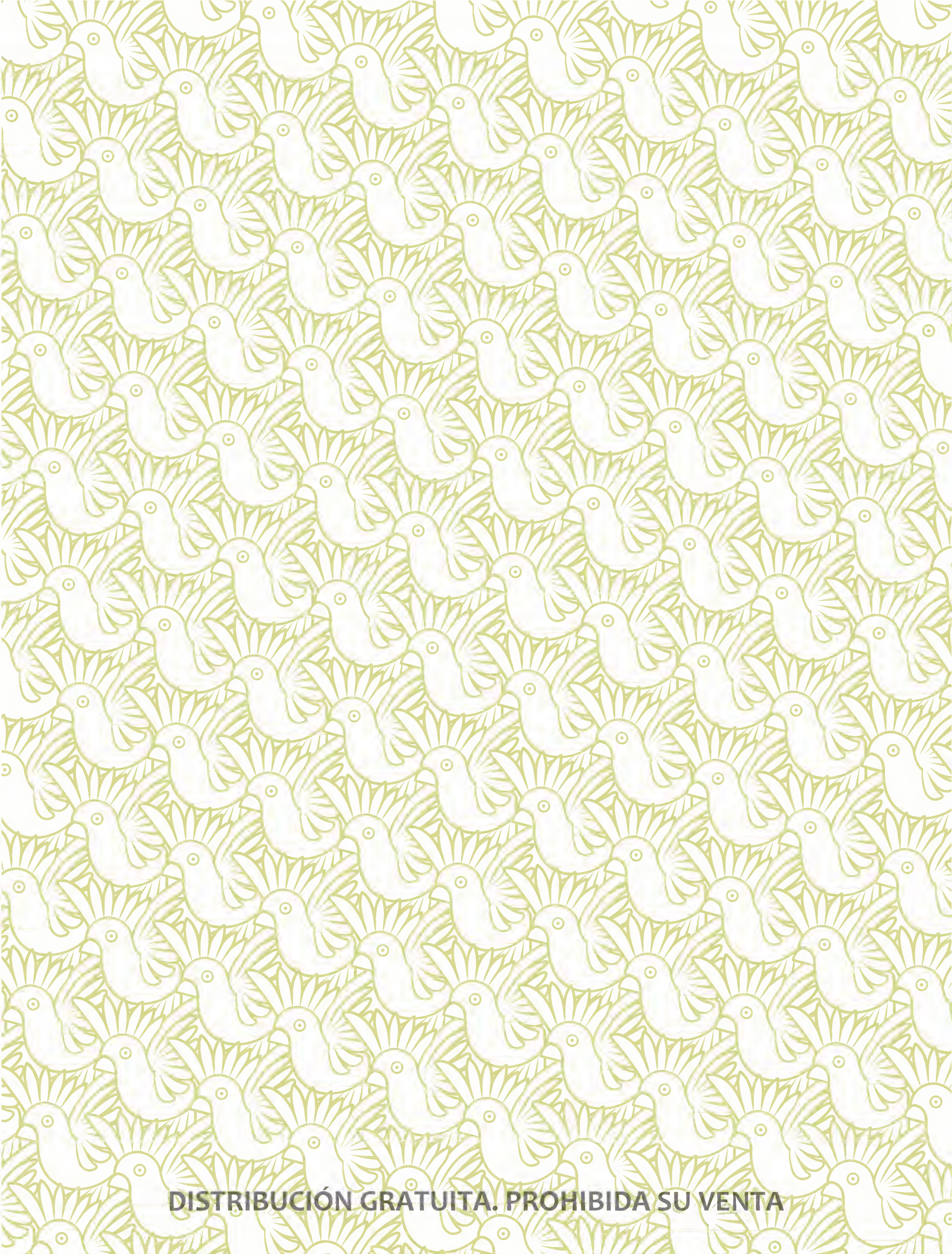
Shelley, R.M. 2002. A synopsis of the North American centipedes of the order Scolopendromorpha (Chilopoda). *Virginia Museum of Natural History Memoir* 5:1-108.

Taylor, E.N. 2001. Diet of the Baja California Rattlesnake, *Crotalus enyo* (Viperidae). *Copeia* 2001:553-555.

Velázquez-Montes, J.A. y J. Fuentes-Junco. 2004. Biodiversidad, hábitat y manejo en el Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán, México. Informe de Proyecto R092. Instituto de Geografía-UNAM, México.

Voigtländer, K. 2011. *Chilopoda-ecology. The Myriapoda: treatise on zoology, anatomy, taxonomy, biology*. Vol I. Brill, Leiden.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Peces

OMAR DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, MARTINA MEDINA NAVA
Y XAVIER MADRIGAL GURIDI

DESCRIPCIÓN

Los peces (fauna íctica) son organismos de sangre fría (no regulan su temperatura interna) que viven en el agua y se caracterizan por poseer vértebras, branquias y como extremidades aletas, en caso de presentarlas. Se agrupan en peces cartilaginosos (Chondrichthyes) y peces óseos (Actinopterygii; Nelson 2006).

Este grupo ha logrado adaptarse a casi cualquier lugar donde se encuentre agua en estado líquido, independientemente de sus características químicas, por lo que son un grupo ubicuo y cosmopolita. Se han adaptado a la vida en profundidades abisales (hasta casi 11 000 m de profundidad), en los abruptos ríos y fríos lagos de alta montaña (hasta 5 200 msnm), en los caudalosos ríos de las selvas tropicales, en manantiales termales (hasta 45 °C), en los congelados polos (hasta -2 °C), en los someros y efímeros pantanos (en donde existen especies que ponen huevos de resistencia que pueden durar latentes por años), en los productivos manglares, en los oasis del desierto y hasta en aguas subterráneas en donde habitan especies totalmente cavernícolas (Doadrio y Domínguez-Domínguez 2012).

DISTRIBUCIÓN

Michoacán se encuentra en la zona centro del país, en la denominada Zona de Transición Mexicana, región donde confluye fauna íctica de dos orígenes evolutivos distintos (figuras 1 y 2): neártico y neotropical (véase figura 1 de Localización geográfica y regionalización, en esta obra). Aunado a lo anterior, la zona continental es influida por cinco dominios fisiográficos (Antaramián y Correa 2003), confiriéndole una accidentada topografía que da origen a una gran variedad de hábitats acuáticos (véase Ecosistemas acuáticos, en esta obra). Estos hábitats han presentado una larga historia de formación y destrucción, con eventos de conexión y aislamiento entre cuerpos de agua, lo cual ha promovido la especiación de la fauna íctica e incluso la diferenciación a nivel poblacional (véase Unidades de conservación basadas en algunas especies de peces, en esta obra).

Enclavada en las provincias Altiplanicie y Sistema Volcánico Transversal (Antaramián y Correa 2003) se encuentra la zona lacustre más importante del país, no sólo por ser el centro de origen de algunas culturas prehispánicas (purépechas y aztecas), sino por la elevada riqueza de especies de peces, sobre todo de origen neártico, así como por el gran número de especies endémicas. Dentro de estas provincias se ubican las regiones biogeográficas del Alto, Medio y Bajo Lerma, y los lagos de Zacapu, Cuitzeo, Pátzcuaro, Chapala y Zirahuén (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*; cuadro 1), cuyos grupos característicos de la zona son los goodeidos (tiros y chehuas) y los atherinopsidos (pescados blancos y charales).

Domínguez-Domínguez, O., M. Medina-Nava y X. Madrigal-Guridi. 2019. Peces. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 407-422.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Carpa amarilla (*Notropis calientis*) especie del componente neártico. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 2. Guatopote del Lerma (*Poeciliopsis infans*), especie del componente neotropical. Foto: Juan Carlos Merino.

La región biogeográfica del Balsas ocupa porciones del Sistema Volcánico Transversal, Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas-Tepalcatepec. Por su parte, la región biogeográfica del río Coahuayana (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006a) ocupa porciones de la Sierra Madre del Sur y Llanura Costera. Estas últimas regiones albergan, en las zonas bajas, especies principalmente de origen neotropical, mientras que en las zonas altas del río Balsas, que colindan con el Sistema Volcánico Transversal, existe una mezcla de especies de regiones altas y de origen neártico, con especies de zonas bajas y origen neotropical. La región de los Humedales de Cotija la habitan especies primordialmente neárticas (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*) y se considera una provincia biogeográfica independiente debido a su alto número de especies endémicas.

Debido a que en el trabajo de Domínguez-Domínguez *et al.* (2006*a*) no se incluye la zona costera, la Llanura Costera (Antaramián y Correa 2003) se toma en este capítulo como una región biogeográfica (cuadro 1). Esa región está habitada por especies dulceacuícolas neotropicales, con un componente importante de especies estuarino-lagunares que habitan las zonas donde los escurrimientos superficiales entran en contacto con el mar en sus más de 53 ríos (véase Ecosistemas acuáticos, en esta obra). Por último, para la región marina se adoptó la propuesta de Hastings (2000), quien la ubica en la provincia biogeográfica del Pacífico Central Mexicano.

FIGURA 3. Al centro, y con la aleta caudal amarilla, machin (*Prionurus punctatus*) y alrededor arcoíris de Cortés (*Thalassoma lucasanum*) sobre un arrecife rocoso. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies de peces registradas en las provincias fisiográficas y regiones biogeográficas de Michoacán.

Provincia fisiográfica	Regiones biogeográficas	N	EE	ER	ME	TN	T	I	Total	Et	Ex	Total
SVT y A	Alto Lerma	9	0	0	1	10	0	14	**24**	0	0	**0**
SVT	Medio Lerma	16	1	0	0	17	0	14	**31**	1	0	**1**
SVT y A	Bajo Lerma	17	1	1	0	18	0	14	**32**	0	1	**1**
SVT	Lago de Zacapu	8	0	0	2	10	1	7	**18**	0	0	**0**
SVT	Lago de Cuitzeo	14	2	0	0	16	0	7	**23**	1	1	**2**
SVT	Lago de Pátzcuaro	4	3	2	1	10	2	6	**18**	0	0	**0**
SVT y A	Lago de Chapala	16	0	2	1	19	1	4	**24**	0	1	**1**
SVT	Lago de Zirahuén	2	2	0	1	5	0	3	**8**	2	0	**2**
DBT, SVT y SMS	Río Balsas	13	0	6	3	22	3	14	**39**	0	0	**0**
SMS y LLC	Río Coahuayana	4	0	0	0	4	0	3	**7**	0	0	**0**
SVT	Humedales de Cotija	5	0	0	1	6	0	5	**11**	0	0	**0**
LLC y SMS	Llanura Costera	89	0	0	0	89	0	5	**94**	0	0	**0**
SMS y LLC	Zona Marina	412	0	0	0	412	0	0	**412**	0	0	**0**
	Total	**460**	**4**	**11**	**10**	**486**	**4**	**22**	**511**	**3**	**2**	**5**

La suma de ciertas columnas no coincide debido a que algunas especies aparecen en más de una región. N: nativa, EE: endémicas al estado, ER: endémicas a la región biogeográfica, ME: microendémicas a una porción de la región biogeográfica, TN: total nativas, T: traslocadas, I: introducidas, Et: extirpada, Ex: extinta, SVT: Sistema Volcánico Transversal, SMS: Sierra Madre del Sur, A: Altiplanicie, DBT: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, LLC: Llanura Costera.
Fuente: Colección de Peces de la UMSNH.

Esta zona es igualmente heterogénea, con gran variedad de ambientes (veáse Ecosistemas acuáticos, en esta obra), lo que permite que Michoacán tenga el potencial, aún poco explorado, de albergar una alta riqueza de especies marinas (figura 3).

En el apéndice 49 se presenta el listado de especies de peces del estado, adoptando las regiones biogeográficas propuestas por Domínguez-Domínguez *et al.* (2006*a*): Alto, Medio y Bajo Lerma, Zacapu, Cuitzeo, Pátzcuaro, Chapala, Zirahuén, Balsas, Coahuayana y Humedales de Cotija, con la inclusión de la Zona Marina y la Llanura Costera; en esta última se toman en cuenta las especies distribuidas en los estuarios de los ríos Balsas y Coahuayana.

De esa forma se pretende representar la distribución natural de los peces, tomando en cuenta la historia biogeográfica de las especies y regiones donde se distribuyen, esto como resultado de procesos evolutivos relacionados con la historia geológica, climática y fisiográfica del paisaje. Por otra parte, el arreglo sistemático sigue lo establecido en Nelson (2006); sin embargo, en los siguientes grupos el epíteto específico sigue a diferentes autores: peces de agua dulce (Miller *et al.* 2009), familia Goodeidae (Doadrio y Domínguez 2004), Atherinopsidos (Bloom *et al.* 2009), algunos pecílidos (Agorreta *et al.* 2013) y peces marinos (Robertson y Allen 2008, Torres-Hernández *et al.* 2016).

DIVERSIDAD

En México se tienen reportadas 2763 especies de peces, cifra que representa 9.8% del total de especies registradas en el mundo, las cuales están agrupadas en 265 familias y 967 géneros (51.4 y 21.5% del total mundial, respectivamente; Espinosa-Pérez 2014).

En Michoacán se tienen registradas 486 especies nativas (apéndice 49), lo cual representa aproximadamente 17.5% del total del país, distribuidas en 105 familias y 275 géneros (40 y 28% del total del país, respectivamente). Además, el estado cuenta con 22 especies introducidas repartidas en siete familias y 16 géneros. De éstas, tres familias y 13 géneros no tienen representantes nativos en el estado, mientras que las especies nativas, como los charales, pescado blanco y ciprínidos, han sido traslocadas (especies autóctonas que son tomadas de su localidad e introducidas a otros cuerpos de agua dentro de su área de distribución) de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

sus cuerpos de agua nativos a cuerpos de agua aledaños. Entonces, el total de especies registradas en el estado es de 508, repartidas en 108 familias y 288 géneros (cuadro 2).

PECES DULCEACUÍCOLAS

En los cuerpos de agua dulce se tienen registradas 82 especies, 60 nativas y 22 introducidas distribuidas en 14 familias nativas y tres introducidas, así como 29 géneros nativos y 13 introducidos (cuadro 2), que habitan las diferentes provincias fisiográficas y regiones biogeográficas del estado. El listado de las 60 especies nativas, obtenido a partir de la información que se encuentra en la base de datos de la Colección ictiológica de la UMSNH, representa 12.4% con respecto a las 505 especies de agua dulce mencionadas por Espinosa (2014).

Por otro lado, en el río Lerma, que comprende las regiones biogeográficas del Alto, Medio y Bajo Lerma se reporta la presencia de 48 especies nativas, de las cuales dos son endémicas: *Lampetra geminis* y *Notropis marhabatiensis,* esta última microendémica a los manantiales alrededor de Maravatío, en el Alto Lerma (apéndice 49). Otros casos de endemismo se presentan en los humedales de Zacapu, con dos especies microendémicas recientemente descubiertas: *Notropis grandis* y *Allotoca zacapuensis,* y el lago de Pátzcuaro con tres especies endémicas: *Algansea lacustris, Allotoca diazi* y *Chirostoma patzcuaro.*

La riqueza e importancia de los peces de agua dulce no solo está dada por el número de especies y endemismos, ya que también se encuentran grupos muy antiguos considerados grupos relicto, como es el caso de las llamadas lampreas. Una de ellas es parásita de otros peces (*Lampetra spadicea*) y la otra es de vida libre (*L. geminis*), distribuidas en Cuitzeo, Chapala, el Bajo y Medio Lerma, consideradas bajo la categoría de peligro crítico y amenazada, respectivamente, en la UICN (2013) y en peligro de extinción en la Norma Mexicana (SEMARNAT 2010; apéndice 49).

Un grupo importante, por el número de especies, abundancia y características únicas de reproducción (viviparidad) y nutrición embrionaria (matrotrofia) es la subfamilia Goodeinae (tiros y chehuas), endémica al centro de México. Para esta subfamilia el registro consta de 20 especies en el estado (correspondiente a 50% del total de especies de la subfamilia), siete de ellas microendémicas a una pequeña porción de la región biogeográfica donde habitan (Domínguez-Domínguez *et al.* 2005; apéndice 49; figura 4).

FIGURA 4. Chorumo del Balsas (*Neoophorus regalis*) especie microendémica y en peligro de extinción (SEMARNAT 2010) de la parte alta del río Itzícuaro, en la zona de Cotija y Los Reyes, cuenca del río Balsas. Foto: Juan Carlos Merino.

Otro grupo con presencia importante son los miembros de la familia Atherinopsidae, endémica a México, donde se ubican los pescados blancos y charales (Bloom *et al.* 2009). Se reportan cuatro especies del

CUADRO 2. Riqueza de peces nativos e introducidos.

Riqueza	Dulceacuícolas	Estuarinos	Marinos	Total nativas*	Introducidas	Total Michoacán	Total México**	Total mundial***
Familias	14	38	95	105	3	108	265	515
Géneros	29	63	244	275	13	288	967	4 494
Especies	60	89	412	486	22	508	2 763	27 977
NOM-059	19	2	5	24	0	24	204	
UICN	10	1	21	31	0	31		

*La suma en la columna total de nativas no coincide debido a que algunas especies aparecen en más de una zona, **Espinosa 2014, ***Nelson 2006, SEMARNAT 2010, UICN 2013.
Fuente: Colección de Peces de la UMSNH.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Tiro oscuro (*Goodea atripinnis*), especie de godeido de origen neártico muy distribuida en el estado y utilizada para autoconsumo en regiones como Pátzcuaro y Zacapu. En la cuenca del Balsas se le encuentra en manantiales a los alrededores de Tocumbo. Foto: Juan Carlos Merino.

FIGURA 6. Tiro chato (*Allotoca dugesii*) especie en peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En la cuenca del Balsas se le encuentra en manantiales a los alrededores de Ario de Rosales. Foto: Juan Carlos Merino.

FIGURA 7. Sardinita (*Astyanax aeneus*), especie ampliamente distribuida en el sur del país y que habita las regiones del Balsas, ríos de la Llanura Costera y Coahuayana. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

género *Atherinella* y 16 pertenecientes a *Chirostoma* (endémico del centro de México y regiones adyacentes), distribuidas principalmente en la zona centro-norte del estado. Ese género, con sus 16 especies, representa más de 90% de los registros totales para *Chirostoma*, contabilizando además una especie microendémica, cuatro endémicas a la región biogeográfica en la que habitan, tres endémicas al estado y una especie considerada extinta (*Chirostoma charari*; apéndice 49).

En la región biogeográfica del río Balsas, la más extensa del estado, los peces están representados por 39 especies: 22 nativas, seis endémicas a la región y tres microendémicas a una pequeña porción de la misma; además de 14 introducidas y tres traslocadas. En esta región se presentan especies de origen neártico (p.e. cyprínidos, ictalúridos y goodeidos; figuras 5 y 6) y neotropical (p.e. cíclidos, carácidos y pecílidos; figura 7).

Las regiones de agua dulce menos exploradas del estado son el río Coahuayana y los de la Llanura Costera. Para el primero se tiene registro de cuatro especies nativas y tres introducidas (apéndice 49), este bajo número es posible se incrementará de forma considerable en cuanto se aumenten los muestreos en la región.

Para los ríos de la Llanura Costera se tienen cinco registros de especies nativas que incursionan en agua dulce, algunas pueden soportar cambios fuertes en la salinidad del agua (eurihalinas), como la cucharita mexicana (*Gobiesox mexicanus*) y el gobio de río (*Awaous banana*); además hay cinco especies introducidas.

PECES ESTUARINOS

En los esteros ubicados en la Llanura Costera ha sido registrado un importante número de especies (véase Peces de los ecosistemas estuarinos, en esta obra). A pesar del dinamismo y condiciones ambientales en ocasiones adversas de estos ecosistemas, conforman un hábitat importante para numerosas especies de peces, ya que dependen de los recursos de los estuarios, durante parte o todo su ciclo de vida (Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia 1999). Con base en su tiempo de residencia, los peces que habitan en los ecosistemas estuarinos han sido clasificados en tres grupos: 1) los residentes permanentes, que realizan todo su ciclo de vida en los estuarios; 2) los residentes temporales, que utilizan los estuarios como áreas de protección y alimentación, sobre todo durante las primeras etapas de su ciclo de vida, representados por organismos juveniles; y 3) los visitantes ocasionales, en su mayoría organismos adultos de procedencia marina (Ley *et al.* 1999). Eso hace que en los esteros se presente una gran riqueza de peces, ya que se encuentran especies tanto de procedencia marina como dulceacuícola.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

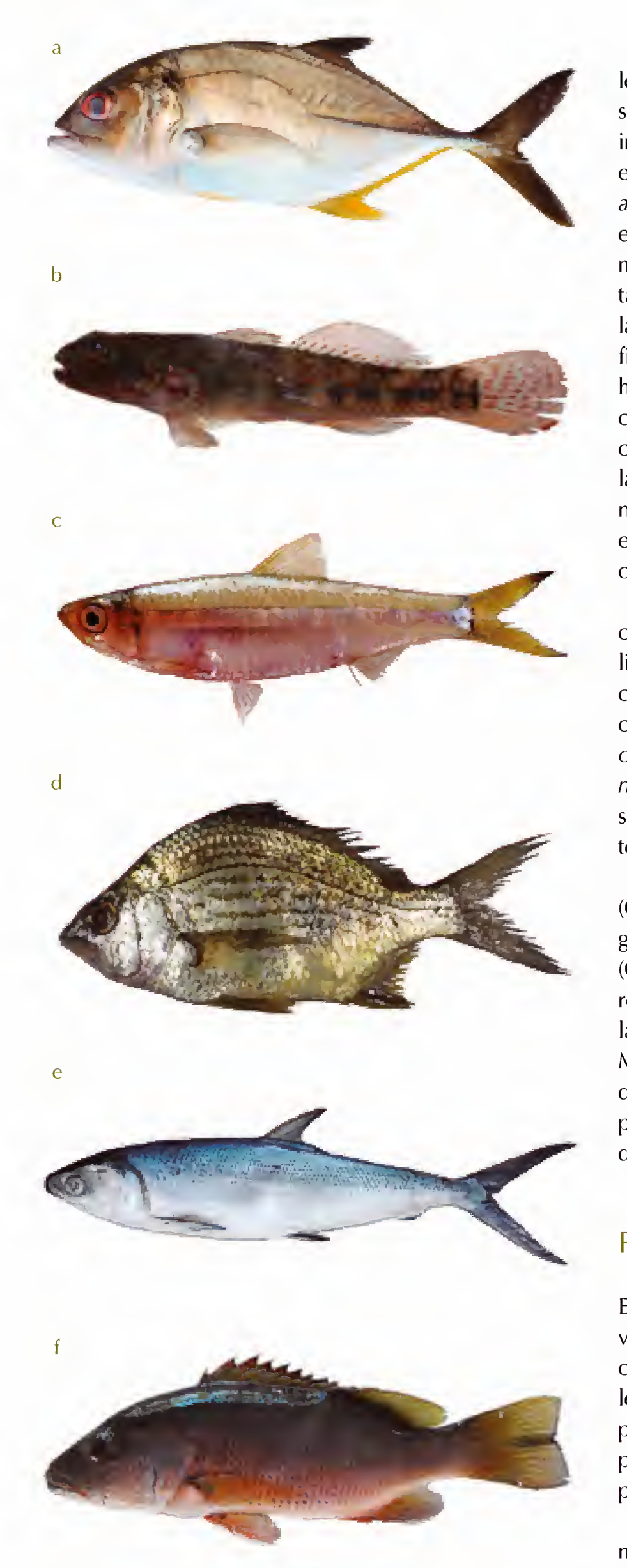


FIGURA 8. Especies que habitan los esteros del estado: a) *Caranx sexfasciatus* o jurel, b) *Bathygobius ramosus* o gobio de pozo, c) *Lile gracilis* o sardinita de agua dulce, d) *Eugerres axillaris* o mojarra, e) *Mugil curema* o lisa, f) *Lutjanus novemfasciatus* o colmillón. Fotos: Adrián García Meraz.

La mayoría de las especies de peces registradas en los esteros de la Llanura Costera (apéndice 49) son consideradas eurihalinas, es decir, que pueden tolerar importantes variaciones en la salinidad del agua. Sin embargo, existen excepciones, como la sardina (*Astyanax aeneus*) y la mojarra del Balsas (*Cichlasoma istlanum*), especies nativas dulceacuícolas que debido al dinamismo de los ríos y esteros de la zona se han recolectado durante temporadas en que el agua dulce domina la intrusión salina resultado de los escurrimientos superficiales. Cabe mencionar que no existen trabajos que hasta el momento delimiten de manera precisa los procesos de intrusión, estratificación, circulación e influencia de la marea en esos ecosistemas. Además, debido a la complejidad en la clasificación de los peces eurihalinos, en este apartado no se hace ninguna clasificación ecológica y simplemente se denominan a estos peces como estuarinos.

En Michoacán se han registrado al menos 94 especies estuarinas pertenecientes a 67 géneros y 40 familias (se incluyen en la columna Llanura Costera del cuadro 2; apéndice 49), de las cuales 89 son nativas y cinco introducidas (*Ctenopharyngodon idella, Cyprinus carpio, Pterygoplichthys disjunctivus, Oreochromis niloticus* y *O. aureus*). Del total de especies, 43 se consideran visitantes ocasionales, 11 residentes permanentes y 40 residentes temporales.

Las familias mejor representadas son los jureles (Carangidae) con 10 especies (figura 8a); seguido de los gobios (Gobiidae; figura 8b) con seis especies y sardinas (Clupeidae; figura 8c), mojarras (Gerreidae; figura 8d) y roncos (Haemulidae) con cinco especies. Considerando la escasa extensión de los estuarios de la costa de Michoacán, la riqueza de especies presentes se considera alta, ya que representa 15.8% de la diversidad de peces reportados por Espinosa (2014) en los estuarios de México.

PECES MARINOS

En el grupo de los peces marinos se encuentran gran variedad de organismos, entre los que se pueden mencionar a las morenas (figura 9), los quenópsidos, triplealetas y gobios (véase Peces crípticos, en esta obra), los peces globo (figura 10), los miracielos y lenguados, el pez vela, los roncadores (figura 11), hasta los peces de profundidad como los capellanes y peces linterna.

Se encuentran registradas 412 especies de peces marinos (apéndice 49, columna zona marina), que representan 33.7% de las cerca de 1 222 especies registradas para el Pacífico Tropical Oriental (región que abarca del golfo de California hasta Ecuador, incluyendo las islas oceánicas; Zapata y Robertson 2007). Esta diversidad se distribuye en 244 géneros y 95 familias (cuadro 2).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los peces cartilaginosos están representados por siete familias, 23 géneros y 39 especies, entre los que se puede mencionar el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*; figura 12), el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) y el pez sierra (*Pristis pristis*), especies de importancia ecológica y de conservación, ya que están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la UICN en alguna categoría de riesgo (véase Estado de conservación y amenazas a los peces, en esta obra).

El grupo de peces óseos está representado por 93 familias, 264 géneros y 467 especies, en donde las corvinas y verrugatas (Sciaenidae) cuentan con el mayor número de especies, con 31 ubicadas en 12 géneros; seguida de los jureles, pámpanos, cocineros y palometas (Carangidae), con 26 especies incluidas en 13 géneros; los roncos y burros (Haemulidae; figura 13) con 24 especies en nueve géneros y los meros, cabrillas y chernas (Serranidae; figuras 14 y 15) con 22 especies en 11 géneros.

FIGURA 9. *Gymnothorax castaneus* es la especie de morena más grande del Pacífico. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 10. *Arothron meleagris* o botete punteado, miembro de la familia Tetraodontidae, produce una potente neurotoxina. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

Se han realizado algunos trabajos en torno a los peces marinos en las costas del estado (Galván 1989, Amezcua-Linares 1996, Domínguez-Domínguez 1998, Madrid *et al.* 1998, González-Luna 2000, Madrigal-Guridi 2006, Sandoval-Huerta 2011, Torres-Hernández 2011, Salazar-Araujo 2012, Palacios-Morales 2012); sin embargo, aún faltan estudios de tipo taxonómico para conocer la diversidad real de este grupo de organismos.

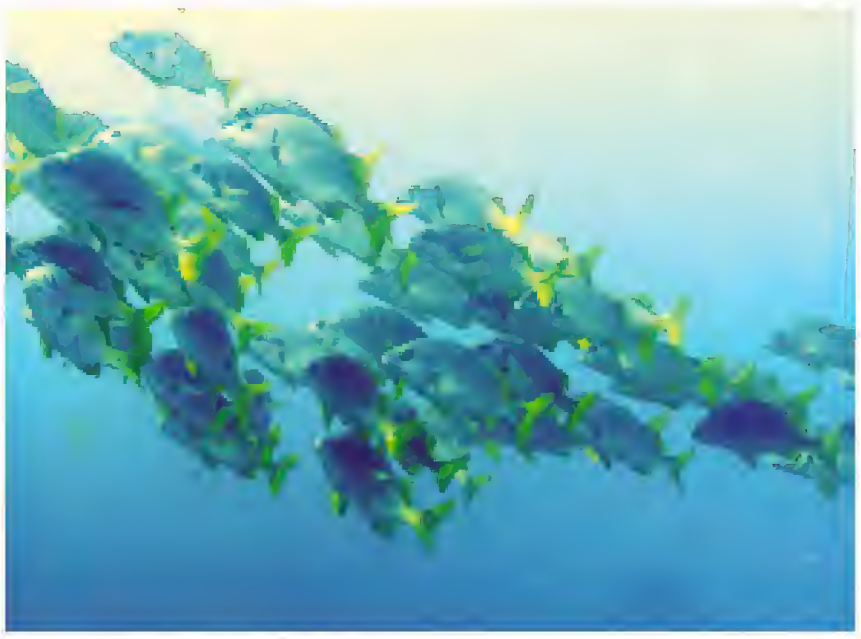


FIGURA 11. Cardumen de *Anisotremus interruptus*, conocidos como roncadores por el extraño ruido que producen cuando se ven amenazados. Foto: Salvador Romero Gallardo.

FIGURA 12. *Carcharhinus leucas* o tiburón toro es un habitante de las zonas marinas y estuarinas. Foto: Alí Francisco Espinosa Magaña.

IMPORTANCIA

Los peces constituyen un elemento relevante en los ecosistemas acuáticos, ya que forman parte de las redes tróficas (como consumidores y presas) y adquieren la función primordial de mantener el equilibrio del ecosistema (figura 16). Además, los peces pueden servir como bioindicadores de la "salud" de los sistemas acuáticos (véase Estado de conservación y amenazas a los peces nativos, en esta obra), mediante el uso de índices que integran información de la estructura de las comunidades, entre otros atributos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 13. Cardumen de *Haemulon maculicauda* o burro rasposo, especie capturada para autoconsumo. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 14. *Alphestes immaculatus* o cabrilla, que en ocasiones se usa para autoconsumo. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 15. *Cephalopholis panamensis* o cabrilla enjambre, especie utilizada para autoconsumo. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

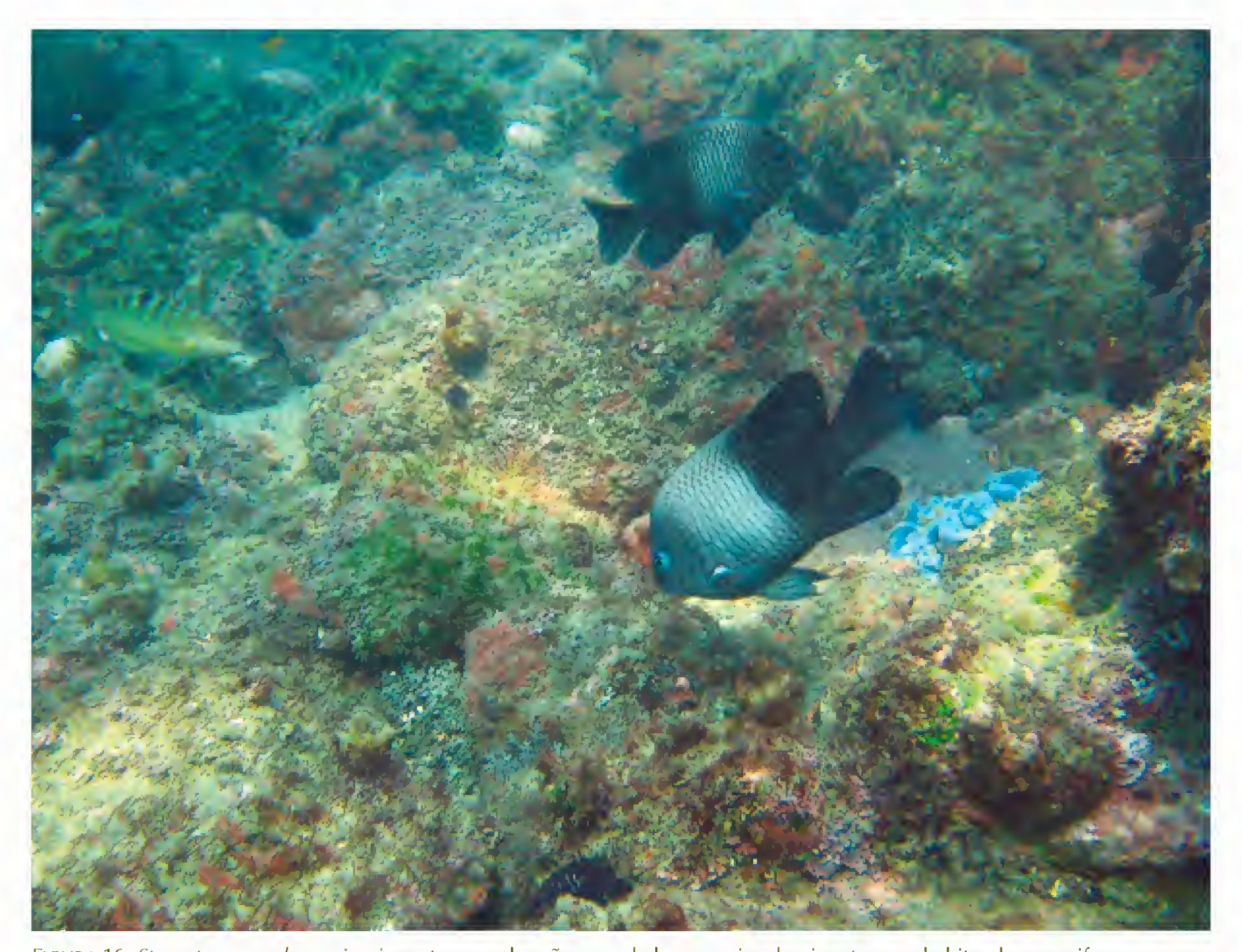


FIGURA 16. *Stegastes acapulcoensis* o jaqueta acapulqueña, una de las especies dominantes que habitan los arrecifes, como consumidor primario es un eslabón importante en la trama trófica. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

En cuanto a la importancia económica, por mucho tiempo la pesquería de especies nativas en los lagos de la entidad ha sido reconocida a nivel mundial, por lo que una gran cantidad de turistas nacionales e internacionales visitan las riberas de los lagos dejando una importante derrama económica (Bernal-Brooks 2012, Gaspar-Dillanes y Hernández-Montaño 2013). Desafortunadamente, los volúmenes de captura de especies nativas han disminuido a lo largo del tiempo (CONAPESCA 2012), dicha escasez fomenta la introducción de especies exóticas como alternativa pesquera (véase Peces introducidos: una amenaza potencial para la diversidad de peces nativos, en esta obra), como la tilapia (*Oreochromis* spp.), la carpa (*Cyprinus carpio*; figura 17) y la lobina (*Micropterus salmoides*).

Los pobladores de la franja costera utilizan los recursos pesqueros como medio de subsistencia y autoconsumo. Por ejemplo, para 2010 la actividad pesquera de tipo artesanal, con 53 agrupaciones de pescadores, capturó cerca de 11 mil toneladas en peso fresco (SAGARPA 2010; véase Causas de la disminución de poblaciones de peces: el caso del pez blanco (*Chirostoma estor*) de Pátzcuaro, en esta obra). Algunas especies como los jureles, las lisas (*Mugil* spp., figura 8e), los pargos (*Lutjanus* spp., figura 8f) y las mojarras, son explotadas para autoconsumo debido a su abundancia numérica, biomasa y calidad como fuente de alimento; sin embargo, muchas especies aun no utilizadas presentan potencial para uso comercial (Medina 2003).

FIGURA 17. Venta de pescado seco del género *Chirostoma* o charales (izquierda), *Goodea atripinnis* o tiro (centro) y *Cyprinus carpio* o carpa (derecha) en el mercado municipal de Pátzcuaro. Foto: Kees de Jong.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Muchas de las especies, tanto de agua dulce como de los sistemas estuarinos y marinos, han representado una fuente de alimento para diferentes grupos indígenas, como los nahuas de la región costera y los purépechas de la meseta.

Se sabe que este último grupo aún incluye en su dieta a varias de las especies que habitan en los diferentes sistemas acuáticos, como los charales, tiros y chehuas (Rojas y Sasso 2005, Alarcón-Chaires 2013; figura 17). De igual forma, algunas de las especies de pescado blanco (*Chirostoma* spp.) han sido parte de la identidad indígena de pueblos lacustres, como los purépechas, quienes lo llaman "el manjar de los dioses" (Rojas y Sasso 2005, Alarcón-Chaires 2013).

Por otra parte, muchas de las especies de peces, tanto marinos como de agua dulce, se utilizan para fines ornamentales (figura 18), ya sea vivos o muertos (véase Importancia y aprovechamiento de los peces marinos, en esta obra). Por ejemplo, algunas especies marinas alcanzan precios elevados en el mercado nacional e internacional, mientras que especies de agua dulce, como los goodeidos, son bien apreciados en el comercio especializado en Europa, Asia y EUA (figura 19). Sin embargo, en el estado este tipo de aprovechamiento es casi nulo, por lo que existe el comercio ilegal, actividad que debe ser regulada y monitoreada.

FIGURA 18. *Pseudobalistes naufragium*, algunas especies de ballestas llegan a costar cientos de pesos en el mercado de la acuariofilia. Foto: Salvador Romero Gallardo.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

A pesar de la importancia económica y social de las pesquerías en los ambientes costeros y estuarinos, poco se sabe en torno al estado de conservación de la ictiofauna. En total se reportan 24 especies en alguna de las

FIGURA 19. *Hubbsina turneri* o cherehuita, actualmente considerada en peligro de extinción por la NOM-059-SEMARNAT-2010, es una de las especies de goodeidos más apreciada en el acuarismo internacional. Foto: Juan Carlos Merino.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

categorías de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 19 son dulceacuícolas y cinco marinas, dos de éstas también colectadas en los esteros. De estas especies nueve están bajo la categoría de peligro de extinción, nueve amenazadas y seis sujetas a protección especial. Por su parte, la UICN (2013) enlista 31 especies en alguna de las categorías de riesgo (apéndice 49; véase Peces crípticos, en esta obra).

El panorama para los peces de agua dulce es desolador, ya que la mayoría de las especies han desaparecido en muchas de las localidades donde se tenían registros históricos (véase Estado de conservación y amenazas a los peces nativos, en esta obra). La diversidad genética se ha reducido de manera alarmante por efecto de las actividades humanas, lo que aumenta el riesgo de extinción (véase Pérdida de diversidad genética en el pez *Zoogoneticus quitzeoensis* asociada a perturbaciones humanas, en esta obra), por lo que la gran mayoría de las especies de peces dulceacuícolas deberían ser consideradas en alguna categoría de riesgo. Esto se torna más crítico si se considera que 11 especies son endémicas a una región biogeográfica como *Ictalurus balsanus* o bagre del balsas; nueve endémicas al estado como *Lampetra geminis* o lamprea; y 10 microendémicas a una porción de la región donde habitan, como *Notropis grandis* o carpita de Zacapu (figura 20; apéndice 49; cuadro 1). Algunas de ellas, como *Allotoca zacapuensis* o chorumo de Zacapu, cuentan con poblaciones muy reducidas o bien están restringidas a un pequeño manantial como es el caso de *Notropis marhabatiensis* o carpa de Maravatío.

En cuanto al número de especies extintas se puede mencionar el caso del charal tarasco (*Chirostoma charari*), especie endémica de la cuenca de Cuitzeo. Para el caso de la popocha (*Algansea popoche*) se considera extirpada o posiblemente extinta; mientras que la cherehuita (*Hubbsina turneri*; figura 19) está extirpada del Medio Lerma y Cuitzeo (Soto-Galera *et al.* 1998, Lyons *et al.* 2000, Domínguez-Domínguez *et al.* 2005).

Para algunas especies de peces marinos la situación de conservación es igualmente crítica. De las cinco especies de peces marinos que están en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en alguna categoría de riesgo, dos son peces cartilaginosos (tiburones) y tres peces óseos, entre ellos se encuentra el caballito de mar (*Hippocampus ingens*); mientras que, de las 21 especies catalogadas en la UICN (2013), 19 son tiburones y dos son peces óseos. En estas dos listas de especies amenazadas (apéndice 49), se comparten tres: los tiburones blanco y sierra (*Carcharodon carcharias* y *Pristis pristis*) y el caballito de mar. En el caso de los tiburones, se trata de los predadores tope de las redes tróficas; son de crecimiento relativamente lento, tardan varios años en alcanzar la madurez sexual y tienen pocas crías, por lo que la recuperación de las poblaciones es muy lenta.

En la costa de Michoacán los tiburones y rayas son especies de bajo valor comercial, únicamente los organismos menores a 3 kg de peso presentan algún tipo de mercado, o bien solo las aletas de tiburón y algunas rayas. Romero-Gallardo (2013) reportó una abundante captura de hembras grávidas de algunas especies de tiburón, entre ellas el tiburón martillo, catalogado como en peligro de extinción de acuerdo con la UICN (2013), y enlistado en el Apéndice II de la CITES (especies cuyo comercio está regulado por permisos especiales). A las hembras de esta especie se les cortan las aletas y se les extraen los neonatos para luego ser tiradas de regreso al mar, lo que sin duda afecta a sus poblaciones. Se reportó también la captura del tiburón sierra, una especie amenazada (SEMARNAT 2010) y en peligro crítico de acuerdo con la UICN (2013), además de estar catalogada en el Apéndice I de la CITES (especies cuyo comercio

FIGURA 20. *Notropis grandis* o carpita de Zacapu, especie endémica de la laguna de Zacapu. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

está prohibido). Esta pesquería se realiza de forma clandestina a pesar de contar con legislación al respecto, como es la NOM-059-SEMARNAT-2010 y NOM-029-PESC-2006 para la pesca responsable de tiburones y rayas, la cual define periodos de veda o regulaciones de las operaciones de captura en áreas geográficas específicas con el fin de evitar la posible pesca incidental. Pese a ello, en el litoral michoacano existe desconocimiento o falta de voluntad para llevar a cabo la aplicación de la ley y con ello iniciar acciones que protejan a estos organismos (Romero-Gallardo 2013).

Por su parte, el caballito de mar es comercializado como artesanía que se vende seca en las playas turísticas del estado, a pesar de estar catalogada como una especie sujeta a protección especial en la NOM-059, como vulnerable en la UICN y estar enlistada en el Apéndice II de la CITES.

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

Las actividades humanas cotidianas afectan, directa o indirectamente, a los peces y su hábitat, alterando de manera drástica el equilibrio y mantenimiento de los sistemas acuáticos. Entre ellas se encuentra la pesca excesiva, por ejemplo, de algunos peces blancos, bagres, tiburones y meros; la introducción o traslocación de especies exóticas con fines de acuicultura o control biológico, como la lobina, carpa, tilapia, pez diablo, peces blancos y poecílidos (véase Peces introducidos: una amenaza potencial para la diversidad de peces nativos, en esta obra), introducciones que han causado la desaparición de especies nativas, como lo sucedido con la lobina en Zirahuén y Camécuaro, que causó la desaparición de las poblaciones de goodeidos nativos, incluso algunos endémicos del vaso lacustre.

Otra actividad amenazante es la contaminación de los cuerpos de agua por desechos urbanos, agrícolas, industriales y mineros, cuyo ejemplo más claro es el río Grande de Morelia, en el cual se tiene el registro de al menos siete especies nativas y una endémica, todas ellas extirpadas de su hábitat natural; además se tiene la extracción excesiva de agua, la desecación de cuerpos de agua y el entubamiento o lapidación de manantiales con la subsecuente pérdida de estos como hábitat disponible para los peces (Soto-Galera *et al.* 1998, Zambrano *et al.* 1999, Lyons *et al.* 1995, 1998, 2000; De la Vega-Salazar *et al.* 2003, Domínguez-Domínguez *et al.* 2005, 2006*b*, 2007, 2008; Mercado-Silva *et al.* 2006).

Las actividades humanas indirectas son, por ejemplo, la deforestación de cuencas, lo que genera un acarreo excesivo de terrígenos y materia orgánica (eutrofización) hacia los cuerpos de agua, sobre todo en los periodos de lluvia. Eso puede generar consecuencias graves en la composición química y en los atributos físicos del agua, afectando las redes tróficas y la sobrevivencia de las especies, a largo plazo, además de la destrucción o cambio de hábitat para algunas de ellas. Otra actividad indirecta es la introducción accidental de especies exóticas debido a los escapes de granjas o incluso a la liberación de peces de acuario en ambientes naturales, como es el caso del pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*; véase El bagre armado (*P. disjunctivus*), una especie invasora en la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, en esta obra) en la cuenca del Balsas y Coahuayana.

Por si fuera poco, la introducción de especies exóticas genera la introducción de parásitos, como el gusano ancla (*Lernea* sp.), el piojo y la tenia de la carpa (*Argulus* sp. y *Bothriocephalus acheilognathi*, respectivamente), los dos primeros causan graves daños a la ictiofauna nativa de muchos cuerpos de agua, como los de Pátzcuaro y Zacapu.

Los peces también son afectados por la introducción de plantas exóticas, como es el caso del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), especie que causa graves consecuencias al impedir la entrada de luz y el intercambio de oxígeno entre la interfase agua-aire (Soto-Galera *et al.* 1998, Zambrano *et al.* 1999, Lyons *et al.* 2000, Contreras-Balderas *et al.* 2003, De la Vega-Salazar *et al.* 2003, Mercado-Silva *et al.* 2006, Domínguez-Domínguez *et al.* 2008).

PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN

Los problemas que enfrentan las especies de peces nativos requieren atención inmediata. Para ambientes dulceacuícolas y marinos existe una legislación, pero el primer paso es hacerla cumplir. Hay leyes en materia de pesca y acuicultura (Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables, NOM-009-PESC-1993, NOM-017-PESC-1994, NOM-027-PESC-2000, NOM-032-PESC-2003, NOM-029-PESC-2006, NOM-036-PESC-2007), fauna silvestre (Ley General de Fauna Silvestre), especies amenazadas (NOM-059-SEMARNAT-2010), preservación y restauración del equilibrio ecológico (Ley General del Equilibrio Ecológico), uso y contaminación del agua (Ley de Aguas Nacionales, NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-011-CONAGUA-2000), ganadería (NOM-020-RECNAT-2001), agricultura (NOM-062-ECOL-1994), forestal (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, NOM-060-ECOL-1994; NOM-152-SEMARNAT-2006) y minería (NOM-120-SEMARNAT-2011), entre muchas otras.

La legislación en materia ambiental de México quizá sea una de las más completas y estrictas que existen, pero se requiere de la voluntad política en la aplicación de esas leyes y normas, lo cual al menos mejoraría la problemática al respecto.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

A la fecha muchas políticas se contraponen, como ejemplo está la prohibición o regulación en la introducción de especies exóticas por algunas dependencias como se marca en la Estrategia nacional sobre especies invasoras en México (CONABIO 2010) y la promoción para su cultivo e introducción por parte de dependencias como la SAGARPA, las secretarías y algunas comisiones de pesca estatales.

Por otro lado, la CONAGUA (2013) reconoce que, de acuerdo con el indicador de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) para la cuenca del Balsas-Tepalcatepec, 19.3% de los sitios monitoreados por esta comisión presentan agua entre contaminada y fuertemente contaminada, mientras que de acuerdo con la demanda química de oxígeno (DQO) el porcentaje asciende a 35.5%.

Para la cuenca Lerma-Chapala este porcentaje es de 20.7% para la DBO_5 y 52.6% para la DQO (CONAGUA 2013), sin embargo, otros datos sugieren que ese porcentaje es mucho mayor, ya que Cotler *et al.* (2006) reportan valores de 66% para DBO_5 y 71% para DQO. Otro aspecto que muestra el grado de presión sobre los sistemas acuáticos es el número de acuíferos sobreexplotados, por ejemplo, para la cuenca del Balsas-Tepalcatepec se reportan dos de 46, y para el Lerma-Chapala 31 de 129 (CONAGUA 2012). Esos datos dan una idea del estado ambiental y de la necesidad de establecer sistemas de tratamiento de aguas residuales, y cuando ya existan ponerlos en funcionamiento en forma adecuada y eficiente.

Así, es importante establecer acciones encaminadas a la rehabilitación de las riberas deforestadas o dañadas, así como el mantenimiento de la forma geométrica natural de los cauces (geomorfología), elementos vitales para el buen funcionamiento de los ríos, asimismo para las poblaciones de peces que viven en ellos.

Cabe resaltar que de las 57 ANP decretadas en el estado (UMSNH y SAGARPA 2012, CONANP 2013) sólo 31% posee un plan de manejo, cuando por ley toda ANP debe tenerlo. Al revisar los objetivos de dichos planes de manejo se observa que en ninguno se establecen actividades encaminadas a la conservación de poblaciones de peces, y en algunos casos sólo son mencionadas de forma indirecta. Incluso existen trabajos que dejan de manifiesto que la mayor diversidad de especies de peces de la familia Goodeidae y sus endemismos no son protegidos por estas ANP (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006). Cabe señalar que en las pocas ANP que protegen los sistemas acuáticos (laguna de Zacapu y La Mintzita), sus polígonos se establecieron a partir de la línea de costa, sin considerar el área de recarga del acuífero, siendo que esta área de recarga se encuentra en las partes altas de las cuencas y alimenta a los manantiales que mantienen a esos dos cuerpos de agua, de ahí la importancia de revisar y actualizar los polígonos de dichas ANP.

Ante ese panorama es evidente que se requiere una revisión de los objetivos y de las actividades de las ANP, donde se incluya a las comunidades de peces nativos de la entidad como parte sustancial de los planes de conservación.

En resumen, y con base en las principales actividades antrópicas que amenazan al grupo en el estado, es importante considerar los siguientes aspectos para la implementación de acciones específicas de protección y conservación:

- Implementar reglamentos que permitan detener la sobrepesca y la extracción de especies sensibles, como tiburones, rayas y meros, además de hacer cumplir la ley en torno a la prohibición de prácticas de pesca poco sustentables (corte de aletas)
- Frenar la destrucción y contaminación de las zonas estuarinas y los bosques de mangle, que son consideradas guarderías de especies de importancia comercial y para las cuales existe la Norma Oficial Mexicana que regula su uso, conservación y restauración (NOM-022-SEMARNAT-2003)
- Detener la introducción de especies exóticas (como la lobina y la carpa) en los cuerpos de agua dulce, que se hace sin visión de los impactos potenciales y sin cumplir las leyes respectivas en la materia
- En las áreas de la Llanura Costera y zona marina, es importante hacer una planeación adecuada del territorio a fin de que el desarrollo residencial, hotelero e industrial sea acorde con el sostenimiento de esos ecosistemas; es necesario ubicar zonas de reserva o exclusión pesquera, que sirvan de semillero para áreas de pesca y resguarden del colapso a especies de importancia comercial, como pargos y meros

VACÍOS DE INFORMACIÓN

A pesar de que los peces son el grupo de vertebrados más diverso del planeta, es por mucho el menos estudiado. En ese grupo aún quedan muchos aspectos que estudiar para profundizar en su conocimiento y poder sentar bases para llevar a cabo acciones para su conservación. Quizá la inconsistencia más grande en la legislación radica en que, aquellas especies de peces que no son parte de la NOM-059 son reguladas por la Ley de Pesca (SAGARPA 2007) y no por la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT 2010), lo que deja de manifiesto que los peces son vistos oficialmente como un recurso pesquero que puede ser explotado, y no como parte de la diversidad nativa que tiene que ser conservada de forma sustentable.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Asimismo, se requiere llenar los vacíos de información en la zona marina y región costera, donde poco se sabe de la diversidad de peces que ahí habitan y del impacto de las pesquerías en las poblaciones de peces que están siendo explotadas. Es indispensable el apoyo para la realización de proyectos de investigación en torno a la ecología de poblaciones y de comunidades, conocimiento fundamental para el planteamiento de propuestas de conservación o manejo. También es necesario apoyar proyectos sobre acuicultura para la conservación y cultivo comercial de especies nativas, así como evaluar el riesgo de extinción de todas las especies de peces de la entidad.

En los planteamientos actuales tendientes a la conservación de la diversidad biológica es indispensable incluir la diversidad genética, lo que asegure la conservación del potencial evolutivo y adaptativo de las especies de peces, información que es prácticamente inexistente.

CONCLUSIONES

Las 485 especies nativas de peces registradas están lejos de representar la diversidad real de los peces de la entidad. Existen enormes vacíos de información en varias regiones, como la Llanura Costera, zona marina y el río Coahuayana. La mayoría de las especies no han sido evaluadas en torno a su estado de conservación y muchas están al borde de desaparecer debido a ciertas actividades humanas. Es importante crear programas de conservación *ex situ*, como medida emergente y de corto plazo que ayude a salvaguardar de la extinción a las especies cuyo futuro es incierto (véase, Programa de conservación *ex situ* de goodeinos, en esta obra), particularmente de aquellas especies cuya desaparición de los hábitats naturales es inminente, como ya sucedió con algunos charales, ciprínidos y goodeidos.

Es necesario implementar sistemas de biomonitoreo de los cuerpos de agua, así como una evaluación del estado de conservación de todas las especies de peces distribuidas en el estado, que ayuden a tomar decisiones urgentes en torno a la conservación de los recursos ícticos. Asimismo, se requiere del establecimiento y modificación de la normatividad ambiental en los diversos temas que afectan la viabilidad de la fauna de peces nativos, con la finalidad de seguir una política nacional que lleve a un máximo desarrollo sin comprometer la estabilidad ambiental de los hábitats que sostienen a este grupo biológico.

En la creación, implementación y planes de manejo de las ANP, es necesario tomar en cuenta a los peces, incluso proponer ANP específicas para la conservación de la diversidad de este grupo.

La implementación de zonas de exclusión pesquera en la zona marina, además de promover la conservación de la fauna marina serviría de semillero y ayudaría a mantener las pesquerías de las especies más explotadas, como los huachinangos y meros. Asimismo, promover programas de ecoturismo en aquellas zonas que sean susceptibles para ello, coadyuvaría a considerar a los peces como lo que son: un recurso valioso para el estado.

Finalmente, es importante implementar programas de educación ambiental a nivel estatal que ayuden a percibir a los peces y su entorno como parte de la fauna nativa y un componente esencial del ecosistema.

REFERENCIAS

Agorreta, A., O. Domínguez-Domínguez, R.G. Reina *et al.* 2013. Phylogenetic relationships and biogeography of genus *Heterandria* (Poeciliidae: Osteichthyes) in Mesoamerica based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 66:80-90.

Alarcón-Chaires, P. 2013. *Etnoecología de los indígenas P´urhépecha. Una guía para el análisis de la apropiación de la naturaleza.* CONACYT, Morelia.

Amezcua-Linares, F. 1996. *Peces demersales de la plataforma continental del pacífico central de México.* UNAM-ICML/CONABIO, México.

Antaramián H., E. y G. Correa P. 2003. Fisiografía. En: *Atlas geográfico de Michoacán.* SEP/UMSNH/EDDISA, México, pp. 42-46.

Bernal-Brooks, F. 2012. *Atlas pesquero y acuícola de Michoacán.* Gobierno del estado de Michoacán/SAGARPA, México.

Bloom D., D, K.R. Piller, J. Lyons *et al.* 2009. Systematics and biogeography of the silverside tribe menidiini (Teleostomi: Atherinopsidae) based on the mitochondrial ND2 gene. *Copeia* 2:408-417.

Castro-Aguirre, J.L., J.J. Schmiter-Soto y E. Espinosa-Pérez. 1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México.* Colección de textos politécnicos. Serie Biotecnologías. Ed. Limusa, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *La diversidad biológica de México: estudio de país.* CONABIO, México.

——. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México: prevención, control y erradicación.* CONABIO/CONANP/SEMARNAT, México.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000. Publicada el 17 de abril de 2002 en el DOF. Texto vigente.

——. 2013. Estadísticas del agua en México. En: *<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2013.pdf>*, última consulta: 1 de septiembre de 2014.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Áreas Naturales Protegidas. En *<http://www.conanp.gob.mx/regionales/>*, última consulta: 28 de enero de 2014.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Pesca. 2012. Anuario estadístico de acuacultura y pesca. En: *<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca>*, última consulta: 28 de enero de 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Contreras-Balderas, S., P. Almada-Villela, M. de L. Lozano-Vilano y M. García-Ramírez. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in México. A checklist and review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:241-251.

Cotler, H.A., M.M. Hiriart y J. de A. Sánchez (eds.). 2006. *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala. Construyendo una visión conjunta.* SEMARNAT/INE/UNAM, México.

De la Vega-Salazar, M.Y., E. Ávila-Luna y C. Macías-García. 2003. Ecological evaluation of local extinction: the case of two genera of endemic Mexican fish, *Zoogoneticus* and *Skiffia*. *Biodiversity and Conservation* 12:2043-2056.

Doadrio, I. y O. Domínguez-Domínguez. 2004. Phylogenetic relationships within the fish family Goodeidae based on cytochrome b sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31:416:430.

——. 2012. Actinopterigios. En: *El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos*. R. Zardoya y P. Vargas (eds.). Global Solutions, Madrid, pp. 380-391.

Domínguez-Domínguez, O. 1998. *Listado preliminar y guía ilustrada de la ictiofauna arrecifal de la zona de reserva Colola-Maruata, municipio de Aquila, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva, J. Lyons y H. Grier. 2005. The viviparous goodeid fishes. En: *Viviparous fishes.* M.C. Uribe-Aranzabal y H. Grier (eds.). New Life Publications, Florida, pp. 525-569.

Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio y G. Pérez-Ponce de León. 2006*a*. Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary brooks parsimony analysis (BPA). *Journal of Biogeography* 33:1437-1447.

Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano y G. Pérez-Ponce de León. 2006*b*. Using ecological-niche modeling to prioritize conservation areas in the mesa central of Mexico: a case study with live-bearing freshwater fishes (Goodeidae). *Conservation Biology* 20:1730-1739.

Domínguez-Domínguez, O., L. Boto, F. Alda *et al.* 2007. Human impacts on basins of the mesa central of Mexico, and its genetic effects on an endangered fish, *Zoogoneticus quitzeoensis*. *Conservation Biology* 21:168-180.

Domínguez-Domínguez, O., L. Zambrano, L.H. Escalera-Vázquez *et al.* 2008. Cambios en la distribución de Goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 501-512.

Eschmeyer, W.N. 2013. *Catalog of fishes. California Academy of Sciences.* En: *<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>*, última consulta: 5 de febrero de 2014.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S450-S459.

Eschmeyer, W.N., R. Fricke, J.D. Fong y D.A. Polack. 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525:19-50.

Galván T., R. 1989. *Contribución al conocimiento de los peces marinos de interés comercial en la bahía de Maruata, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Gaspar-Dillanes, M.T. y D. Hernández-Montaño. 2013. *Pesquerías continentales de México.* Instituto Nacional de Pesca, México.

González-Luna, E. 2000. *Ictiofauna de la laguna de Maquilí, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hastings, P.A. 2000. Biogeography of the tropical eastern pacific: distribution and phylogeny of chaenopsid fishes. *Zoological Journal of the Linnean Society* 128: 319-335.

Lara-Domínguez, A.L. y A. Yáñez-Arancibia. 1999. Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. En: *Ecosistemas de manglar en América Tropical.* A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez (eds.). Instituto de Ecología A.C./UICN/ORMA/NOAA/NMFS, EUA, pp.153-166.

Ley, J.A., C.C. McIvor y C.L. Montague. 1999. Fishes in mangrove prop-root habitats of northeastern florida bay: distinct assemblages across an estuarine gradient. *Estuarine, coastal and shelf science* 48:701-723.

Lyons, J., S. Navarro-Pérez, P.A. Cochran *et al.* 1995. An index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in west-central Mexico. *Conservation Biology* 9:569-584.

Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera y M. Guzmán-Arroyo. 1998. Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west-central México. *Fisheries* 23(4):10-18.

Lyons J., A. Gutiérrez-Hernández, E. Díaz-Pardo *et al.* 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia* 418:57-72.

Madrid V., J., A. Luna-Ruiz y R.I. Bravo. 1998. Peces de la plataforma continental de Michoacán y sus relaciones regionales en el Pacífico Mexicano. *Revista Biología Tropical* 46(2):267-276.

Madrigal-Guridi, X. 2006. *Distribución especial y temporal de la ictiofauna del estero de Santa Ana, Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UNAM, México.

Medina N., M. 2003. Peces de agua dulce y salobre. En: *Atlas geográfico del estado de Michoacán.* G. Correa, F. Vargas, J.S.L. Bravo *et al.* (eds.). SEP/UMSNH/Editorial EDDISA, México.

Mercado-Silva, N., J. Lyons, E. Díaz-Pardo *et al.* 2006. Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, central Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16:533-546.

Miller R., R., W.L. Minkley y S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México.* CONABIO/ECOSUR/Sociedad Ictiológica, A.C./Desert Fishes Council, México.

Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world.* John Wiley & Sons, Nueva Jersey.

Palacios-Morales, G. 2012. *Listado taxonómico de peces arrecifales de la costa de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Robertson, D.R. y G.R. Allen. 2008. Shore fishes of the tropical eastern pacific online information system. Version 1.0. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá. En: *<http://www.neotropicalfishes.org/sftep,www.stri.org/sftep>*, última consulta: 20 de febrero de 2013.

Romero-Gallardo, S. 2013. *Catálogo ilustrado y listado sistemático de la captura artesanal de peces de la costa michoacana.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rojas C., P. y L.F. Sasso Y. 2005. El pescado blanco. *Revista Digital UNAM* 6(8):2-18.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-027-PESC-2000. Publicada el 31 de octubre de 2000 en el DOF.

——. 2004*a*. Norma Oficial Mexicana NOM-032-PESC-2003. Publicada el 1 de julio de 2004 en el DOF.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

——. 2004*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-009-PESC-1993. Publicada en septiembre de 2004 en el DOF.

——. 2007*a*. Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. Última reforma publicada el 23 de enero de 2014 en el DOF. Texto vigente.

——. 2007*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006. Publicada el 14 de febrero de 2007 en el DOF.

——. 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-036-PESC-2007. Publicada el 2 de marzo de 2009 en el DOF.

——. 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-017-PESC-1994. Publicada el 25 de noviembre de 2013 en el DOF.

Salazar-Araujo, P. 2012. *Composición taxonómica y aspectos ecológicos de la ictiofauna del intermareal rocoso de la costa de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Sandoval-Huerta, R.E. 2011. *Estructura de la comunidad íctica en cuatro ecosistemas estuarinos de la costa de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-060-ECOL-1994. Publicada el 2 de agosto de 1993 en el DOF.

——. 1998*a*. Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. Publicada el 3 de junio de 1998 en el DOF.

——. 1998*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Publicada el 23 de abril de 2003 en el DOF.

——. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001. Publicada el 10 de diciembre de 2001 en el DOF.

——. 2006*a*. Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006. Publicada el 17 de octubre de 2008 en el DOF.

——. 2006*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2011. Publicada el 23 de abril de 2003 en el DOF. Texto vigente.

——. 2008. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada el 24 de noviembre de 2008 en el DOF.

——. 2010*a*. Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada el 19 de marzo de 2014 en el DOF.

——. 2010*b*. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2014*a*. Ley General del Equilibrio Ecológico. Publicada el 16 de enero de 2014 en el DOF.

——. 2014*b*. Ley de Aguas Nacionales. Publicada el 7 de junio de 2013 en el DOF.

Soto-Galera, E., E.E. Díaz-Pardo, E. López-López y J. Lyons. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the río Lerma Basin, México. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1:267-276.

Torres-Hernández, E. 2011. *Listado taxonómico de peces crípticos de la costa de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Torres-Hernández, E., G. Palacios-Morales, S. Romero-Gallardo *et al.* 2016. Annotated checklist of the coastal ichthyofauna from Michoacan State, Mexico. *Zookeys* 606:99-126.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. Lista roja de especies en extinción. En: *<http://www.iucnredlist.org/>,* última consulta: 22 de febrero de 2013.

UMSNH y SAGARPA. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Elementos para el ordenamiento acuícola del estado de Michoacán de Ocampo. Introducción y documento de caracterización. Informe técnico. México.

Zambrano, L., M. Perrow, V. Aguirre-Hidalgo y C. Macías-García. 1999. Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in central Mexico. *Journal of Aquatic Stress Ecosystems and Recovery* 6:281-288.

Zapata, F.A. y D.R. Robertson. 2007. How many species of shore fishes are there in the Tropical Eastern Pacific? *Journal of Biogeography* 34:38-51.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Peces de los ecosistemas estuarinos

ADRIÁN GARCÍA MERAZ

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas estuarinos juegan un papel primordial en el mantenimiento, conservación, desarrollo y explotación de diferentes recursos (Castillo-Rivera 1997), presentan alta complejidad ecológica y gran variedad de hábitats que albergan aves, mamíferos, peces, crustáceos y un sinnúmero de especies acuáticas que dependen permanentemente de estos hábitats para su alimentación y reproducción (Núñez *et al.* 2010, Pérez-Ponce 2007).

Los peces son el grupo de organismos que tiene la mayor contribución al intercambio energético (consumen y son consumidos por una gran diversidad de organismos) dentro del sistema trófico de los ambientes estuarino-lagunares (Núñez *et al.* 2010). Cerca de 80% de las especies de peces que habitan en la zona litoral incursionan en las aguas estuarinas en algún momento de su ciclo de vida (Yáñez-Arancibia y Nugent 1977), ya que estos ecosistemas funcionan como un ecotono (zona de transición entre dos o más ecosistemas) entre dos ambientes: el marino y el dulceacuícola (figura 1).

Debido a esta relación tan estrecha con ecosistemas adyacentes y al flujo constante de energía a través de la exportación e importación de especies, los estuarios son de vital importancia para el mantenimiento y sostenibilidad de las pesquerías de la plataforma continental (Yáñez-Arancibia 1985), además de funcionar como áreas proveedoras de alimento, protección contra depredadores y refugio para individuos juveniles y adultos en etapa reproductiva (Fuentes y Gaspar 1981, Castro-Aguirre *et al.* 1999, Ortiz-Burgos 2005; figura 2).

DIVERSIDAD

El estudio realizado por García-Meraz (2014) en los esteros de la costa (Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana; cuadro 1) reporta la presencia de 55 especies, 43 géneros y 27 familias en 23 ecosistemas estuarinos.

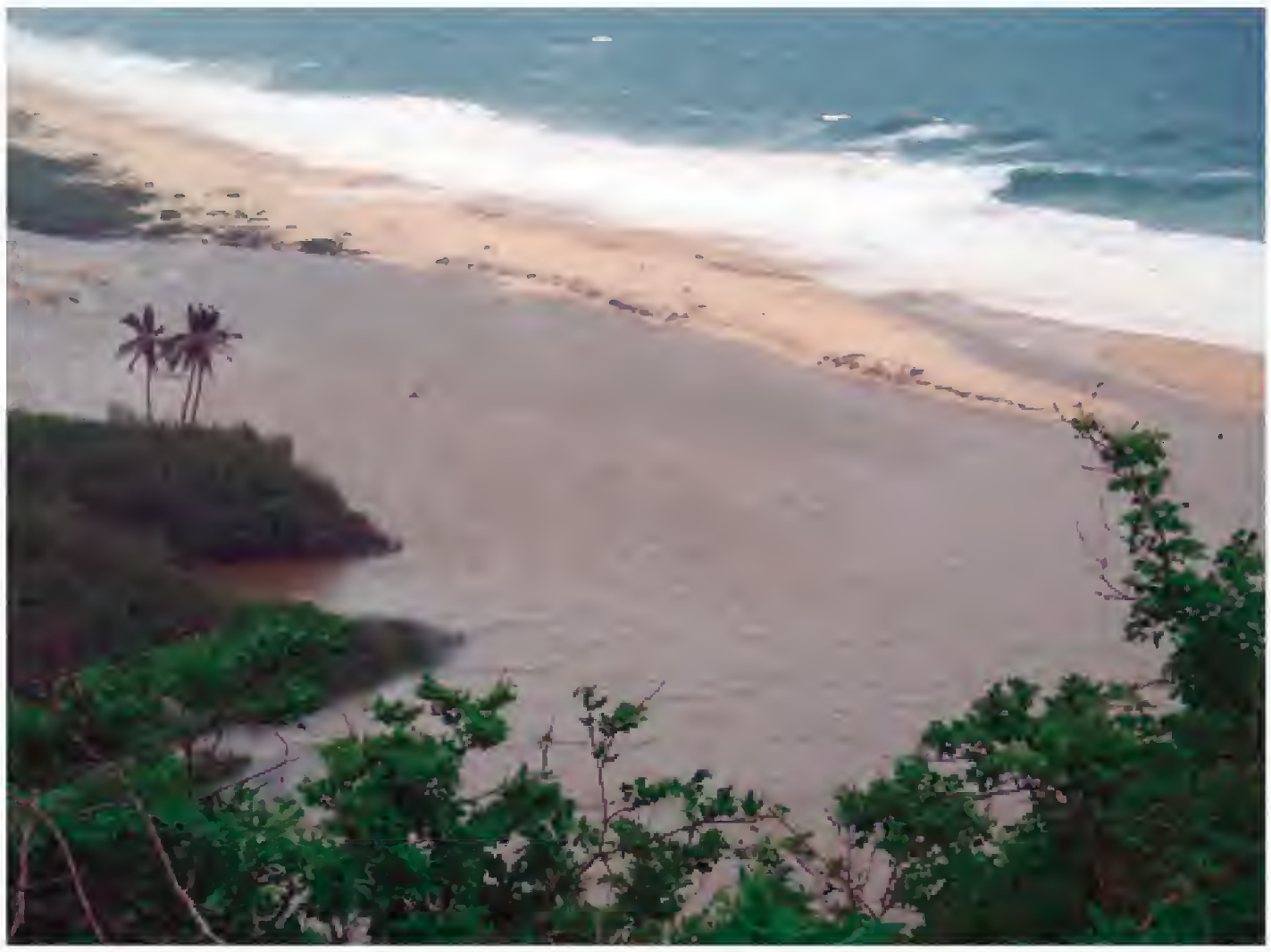


FIGURA 1. Estuario Motín del Oro, municipio de Aquila. Foto: Adrián García.

García-Meraz, A. 2019. Peces de los ecosistemas estuarinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 423-428.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Juveniles de pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*) alimentándose en el estuario. Foto: Adrián García.

Las familias mejor representadas en número de especies fueron: Carangidae (jureles y palometas; figura 3a), Gobiidae (gobios; figura 3b), Achiridae (soles; figura 3c), Gerreidae (mojarras; figura 3b) y Eleotridae (dormilones; figura 3e; cuadro 2). Las especies con mayor frecuencia de aparición fueron: lisa blanca (*Mugil curema*; figura 4), mojarra tricolor (*Eucinostomus currani*; figura 5) y dormilón manchado (*Gobiomorus maculatus*; figura 6).

La comunidad se conforma en su mayoría por organismos en estadio juvenil que ingresan al estuario en busca de alimento y refugio. Las especies registradas se clasificaron en: marinas-eurihalinas (figura 7), marinas estenohalinas, residentes permanentes del estuario (figura 8), dulceacuícolas secundarias, dulceacuícolas primarias, vicarias y catádromas (figura 9; cuadro 3); es importante mencionar que, esta clasificación está basada en los trabajos de Myers (1938) y Day (1951).

Para la ubicación de las especies en las diferentes categorías ecológicas se consideraron los datos de rango de tolerancia a la salinidad (Castro-Aguirre *et al.* 1999, García-Meraz 2014), las tallas de las especies registradas (García-Meraz, 2014) y la procedencia de las especies (marina o dulceacuícola).

IMPORTANCIA Y AMENAZAS

Los ecosistemas estuarinos del estado constituyen áreas estratégicas para el establecimiento de especies de interés comercial, como cuatete (*Ariopsis guatemalensis*), lisa (*Mugil curema*), robalos (*Centropomus nigrescens, C. robalito* y *C. viridis*), jureles (*Caranx caninus* y *C. sexfasciatus*), tostón ángel (*Selene brevoortii*), palometas (*Trachinotus rhodopus* y *T. kennedyi*), pargos (*Lutjanus argentiventris, L. colorado* y *L. novemfasciatus*), mojarras (*Diapterus peruvianus, Eucinostomus currani, Eugerres axillaris* y *Gerres simillimus*), roncos (*Haemulopsis leuciscus* y *Pomadasys bayanus*), barbilla (*Polydactylus approximans*), ratón (*Menticirrhus elongatus*), rayadita (*Oreochromis niloticus*), lenguado (*Citharichthys gilberti*) y botete (*Sphoeroides annulatus*).

Estos ecosistemas juegan un papel importante en el desarrollo de la pesca de subsistencia y en la comercial, y aunque en menor escala en la pesca deportivo-recreativa; sin embargo, en el intento por satisfacer sus necesidades y hacer uso del espacio, las presiones que ejercen las actividades que se realizan a gran escala, así como los asentamientos humanos hacen más vulnerables a los ecosistemas, poniendo en riesgo la integridad de las comunidades biológicas que los habitan (figura 10).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Localidades de recolecta, coordenadas, municipios y número de especies reportadas.

Municipios	Sitios	Coordenadas	Especies reportadas	Especies exóticas
Lázaro Cárdenas	1. Estero de Santa Ana	17°57′29.51″ N 102°17′41.29″ O	11	0
	2. Estero de Pichi	17°58′29.51″ N 102°19′34.42″ O	21	0
	3. Estero El Tigre	17°59′16.20″ N 102°22′33.81″ O	17	1
	4. Estero de Calabazas	17°59′57.88″ N 102°25′03.01″ O	11	0
	5. Estero de Chucutitán	18°00′44.14″ N 102°27′31.66″ O	10	0
	6. Estero de Chuta	18°02′00.95″ N 102°33′32.02″ O	17	1
	7. Estero de Popoyuta	18°01′46.12″ N 102°32′13.28″ O	9	0
	8. Estero de Chuquiapan	18°02′54.52″ N 102°36′24.55″ O	6	0
	9. Estero El Rangel	18°01′20.59″ N 102°30′40.14″ O	6	0
	10. Estero de Mexcalhuacán	18°03′15.64″ N 102°39′26.88″ O	23	0
	11. Estero de Teolán	18°04′20.03″ N 102°43′51.90″ O	24	0
	12. Estero Boca de Campos	18°04′37.03″ N 102°45′41.81″ O	8	0
	13. Estero de Nexpa	18°05′02.05″ N 102°47′20.60″ O	24	0
Aquila	14. Estero El Salado	18°06′21.07″ N 102°50′05.45″ O	7	0
	15. Estero de Huahua	18°10′40.01″ N 103°00′25.60″ O	11	1
	16. Estero de Cuilala	18°11′33.42″ N 103°04′56.55″ O	5	0
	17. Estero de Cachán	18°14′06.60″ N 103°14′50.23″ O	10	1
	18. Estero de Maruata	18°16′07.05″ N 103°20′53.39″ O	7	0
	19. Estero Motín de Oro	18°19′19.61″ N 103°20′52.69″ O	7	0
	20. Estero La Ticla	18°27′17.91″ N 103°33′33.27″ O	10	0
	21. Estero de Maquilí	18°31′48.56″ N 103°36′19.49″ O	6	0
	22. Laguna Salinas del Padre	18°32′55.88″ N 103°37′43.09″ O	18	0
Coahuayana	23. Estero Boca de Apiza	18°41′05.02″ N 103°44′15.61″ O	17	2

Fuente: García Meraz 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Especies representativas de las familias: a) Eleotridae, b) Carangidae, c) Gobiidae, d) Achiridae, e) Gerreidae. Fotos: Adrián García Meraz.

FIGURA 4. La lisa (*Mugil curema)* es la especie más representativa de los ecosistemas estuarinos del estado. Foto: Adrián García Meraz.

FIGURA 6. El salmiche (*Gobiomorus maculatus)* está ubicado entre las especies estuarinas más frecuentes. Foto: Adrián García Meraz.

FIGURA 5. La mojarrita (*Eucinostomus currani)* es una especie muy común de los estuarios de Michoacán. Foto: Salvador Romero.

FIGURA 7. El jurel u ojo de perro (*Caranx sexfasciatus)* es una especie eurihalina del componente marino. Foto: Adrián García Meraz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Familias mejor representadas en número de especies y frecuencia de aparición en los ecosistemas estuarinos.

Familia	Número de especies	Especie representativa	Frecuencia de aparición (%)
Carangidae	6	*Caranx sexfasciatus*	17.7
Gobiidae	5	*Awaous banana*	40.0
Achiridae	4	*Trinectes fonsecensis*	26.6
Gerreidae	4	*Eucinostomus currani*	71.1
Eleotridae	4	*Gobiomorus maculatus*	62.2
Mugilidae	2	*Mugil curema*	80.0

Fuente: García Meraz 2014.

FIGURA 8. La guavina *(Eleotris picta)* es una especie residente permanente del estuario. Foto: Adrián García Maraz.

FIGURA 9. La trucha de montaña *(Agonostomus monticola)* es una especie catádroma. Foto: Adrián García Meraz.

CUADRO 3. Clasificación ecológica de las especies de peces registradas en los estuarios, de acuerdo con la tolerancia a la salinidad.

Especies	Características	Proporción (%)
Marinas eurihalinas	Especies de peces marinos capaces de tolerar grandes cambios en las concentraciones de salinidad (figura 7)	63
Marinas estenohalinas	Especies marinas incapaces de tolerar grandes disminuciones en la concentración de salinidad, por lo que siempre habitan en aguas con salinidades entre 30 y 36 partes por millón	2
Residentes permanentes de estuario	Especies marinas capaces de vivir en un ambiente de constantes cambios salinos, ya que poseen características osmorreguladoras que les permiten habitar de manera permanente el estuario y realizar todo su ciclo de vida dentro del mismo (figura 8)	18
Dulceacuícolas secundarias	Especies dulceacuícolas con capacidad osmorreguladora, que pueden tolerar ciertos gradientes de salinidad por tiempos determinados	4
Dulceacuícolas primarias	Especies que se encuentran totalmente restringidas al agua dulce, ya que no poseen mecanismos osmorreguladores que les permitan invadir ambientes salinos	4
Vicarias	Especies de origen marino, actualmente restringidas al agua dulce	2
Catádromas	Especies del medio dulceacuícola, que obligadamente incursionan hacia los ambientes marinos con fines reproductivos (figura 9)	7

Fuente: elaboración propia con datos de Myers 1938, Day 1951.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las principales afectaciones se deben a la tala del manglar, relleno de áreas, descarga de aguas negras, aumento de tierras para uso agropecuario, construcción de viviendas, vertederos de residuos domésticos y construcción de obras públicas, como ha sido la ampliación de la carretera costera Lázaro Cárdenas-Caleta de Campos. En ese caso, debido a la falta de medidas de mitigación, el material derivado del rebaje de los cerros fue arrastrado por las descargas pluviales hacia las cuencas hidrológicas y se acumuló en los esteros, provocando su azolvamiento y alteración; además de que gran parte de ese azolve llegó al mar, alterando también esos ambientes.

Es importante mencionar que los estuarios de la zona sur de la costa, Pichi (figura 10), Santa Ana y El Tigre, se han visto afectados por la constante emisión de aguas negras, así como por la tala de mangle para la construcción de viviendas y por la influencia indirecta de aguas residuales, petróleo y agroquímicos producto de la urbanización y de algunas fábricas existentes en el puerto de Lázaro Cárdenas.

La introducción de especies exóticas es otro factor que influye de manera negativa sobre los ecosistemas estuarinos y afecta principalmente a las especies nativas. Entre la fauna íctica introducida en los estuarios cabe destacar a la carpa (*Cyprinus carpio)* y el pez diablo *(Pterygoplichthys disjunctivus)*, ambos registrados en el estero Boca de Apiza (ubicado al norte del estado), y la tilapia *(Oreochromis niloticus)*, ampliamente distribuida en los estuarios de la costa (García-Meraz 2014; cuadro 1).

FIGURA 10. Afectaciones ecológicas al estuario de Pichi, municipio de Lázaro Cárdenas, ocasionadas por la tala de zonas de manglar para la construcción de casas y hoteles. Foto: Adrián García Meraz.

CONCLUSIONES

Dada la importancia ecológica que tienen los estuarios, tanto para la fauna íctica y de una gran cantidad de organismos, y por los servicios ambientales que ofrecen al ser humano, estos ecosistemas deberían llevar implícito un sentido de conservación que permitiera su protección y manejo adecuado. Sin embargo, a la fecha son pocos los estuarios incorporados al sistema de áreas naturales protegidas de la CONANP, lo cual hace absolutamente necesaria la apertura de una línea de investigación multidisciplinaria, con el fin de generar un desarrollo ordenado, equilibrado y sustentable para el aprovechamiento de esos recursos, así como dar prioridad a aquellos ecosistemas que presenten signos de deterioro ambiental o problemas derivados de las actividades humanas.

REFERENCIAS

Castillo-Rivera, M. 1997. Diversidad de peces de las lagunas costeras de Pueblo Viejo y El Mango, Veracruz, México. Estudio de investigación. Informe final del Proyecto H128. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Iztapalapa, México.

Castro-Aguirre, J.L., J.J. Schmiter-Soto y E. Espinoza-Pérez. 1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México.* Colección de textos politécnicos. Serie Biotecnologías. Ed. Limusa. México.

Day, J.H. 1951. The ecology of the South African estuaries: A review of estuarine conditions in general. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 33:53-91.

García-Meraz, A. 2014. *Ictiofauna estuarina de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Myers, G.S. 1938. Freshwater fishes and west indian zoogeography. *Annual Report of the Board of Regent of the Smithsonian Institute* 92:339-364.

Núñez, M., I. Torres, J. García y A. Averza. 2010. Comparación de la diversidad y abundancia de peces en los esteros Boca Grande y Río San Juan en el Parque Nacional Coiba, Provincia de Veraguas, República de Panamá. *Tecnociencia* 12:7-21.

Ortiz-Burgos, G.S. 2005. *Estructura de la comunidad de peces en un ambiente con vegetación sumergida de una laguna costera tropical.* Tesis de maestría en biología. UAM-Iztapalapa, México.

Pérez-Ponce, H.E. 2007. Ecología de las comunidades de peces en lagunas costeras del litoral de Veracruz, México. Informe final-Servicio social. Licenciatura en hidrobiología. UAM-Iztapalapa, México.

Yáñez-Arancibia, A. y R.S. Nugent. 1977. El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM* 4(1):107-114.

Yáñez-Arancibia, A. 1985. *Ecología de comunidades de peces en estuarios y lagunas costeras.* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, Dirección General de Publicaciones. México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Peces crípticos

ELOÍSA TORRES HERNÁNDEZ

INTRODUCCIÓN

Al hablar de peces marinos lo primero que viene a la mente son organismos viajando en cardumen por el arrecife, que presentan muchos colores, formas variadas y caprichosas, y de diferentes tamaños. Sin embargo, algunas veces pueden encontrarse peces escondidos en agujeros o cuevas, perfectamente camuflajeados, a los que se les conoce como crípticos; el término críptico proviene del griego *kryptikos*, que significa ocultos (Galván-Villa *et al.* 2011). Diversos grupos presentan esta característica que les permite tener diferentes estrategias de supervivencia en su hábitat (España-Luna *et al.* 2006, Murillo-Hiller 2007).

FIGURA 1. Los cardenales (*Apogon retrosella*, Apogonidae) permanecen ocultos durante el día. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DESCRIPCIÓN

Los peces crípticos son un grupo integrado por nueve familias (cuadro 1), que pueden variar según el autor revisado, y que reúnen características en su etapa adulta, por ejemplo, son de pequeño tamaño (máximo 10 cm) y generalmente presentan una coloración mimética de colores traslúcidos o llamativos, según el entorno que los rodea. Los individuos de estas especies permanecen ocultos casi todo el tiempo, su desplazamiento espacial es mínimo, con una marcada afinidad al sitio donde habitan y una relación con el microhábitat muy estrecha (Viesca-Lobatón 2005). Dentro de este grupo también se encuentran especies nocturnas que durante el día permanecen totalmente ocultas, como los cardenales, miembros de la familia Apogonidae (figura 1).

Sin embargo, como casi todo en la naturaleza, existen excepciones a la regla, y dentro de este grupo críptico hay especies que no cumplen estrictamente con todas las características antes descritas, tal es el caso de las especies de peces roca o escorpión (Antennariidae o Scorpaenidae; figura 2), que pueden llegar a medir hasta 50 centímetros.

FIGURA 2. El pez roca (*Scorpaena mystes*, Scorpaenidae) es una especie críptica de gran tamaño. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

Las condiciones de cripticidad en los peces los hace un grupo difícil de estudiar, por ello han sido escasamente abordados en trabajos científicos, incluso algunos pobladores de la zona costera no saben de su existencia, a pesar de que se considera que 50% de las especies en los arrecifes son crípticas. Por lo anterior, su riqueza ha sido subestimada cuantitativa y cualitativamente o han sido identificados de forma errónea (Willis 2001, Ackerman y Bellwood 2002).

Torres-Hernández, E. 2019. Peces crípticos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 429-432.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Diversidad de especies de peces crípticos registrados.

Nombre común	Familia	Especies
Peces sapo	Antennariidae	*Antennarius avalonis* *A. strigatus*
Chupa-piedra o cucharitas	Gobiesocidae	*Arcos erythrops* *Gobiesox adustus* *Tomicodon petersii*
Piedra	Scorpaenidae	*Scorpaena mystes* *Scorpaenodes xyris*
Cardenales	Apogonidae	*Apogon pacifici* *A. retrosella*
Blenidos o cachuditos	Blenniidae	*Hypsoblennius brevipinnis* *Ophioblennius steindachneri* *Plagiotremus azaleus*
Tres aletas	Tripterygiidae	*Axoclinus storeyae* *Enneanectes glendae* *E. macrops*
Trambollos	Labrisomidae	*Labrisomus multiporosus* *L. striatus* *Malacoctenus ebisui* *M. hubbsi* *M. margaritae* *M. tetranemus* *M. zonifer* *Starksia posthon* *S. spinipenis*
Tubícolas	Chaenopsidae	*Acanthemblemaria macrospilus* *Coralliozetus boehlkei* *Ekemblemaria myersi* *Protemblemaria bicirrus*
Gobios	Gobiidae	*Coryphopterus urospilus* *Elacatinus puncticulatus* *Gymneleotris seminuda*

Fuente: Torres-Hernández 2011.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

Para el estado sólo existe un estudio que aborda la diversidad de peces crípticos (Torres-Hernández 2011), en el que se reportan 31 especies, en 22 géneros y nueve familias (cuadro 1). La familia mejor representada es Labrisomidae, con nueve especies, en la cual el trambollo (*Malacoctenus tetranemus*) es la especie más abundante (figura 3). Del total de especies de peces crípticos, 22 no habían sido registradas para Michoacán (figura 4). Ese número está muy por debajo de lo esperado para una región costera tan diversa en ecosistemas marinos, por lo que se espera que conforme aumente el número de estudios relacionados con este grupo, el número de especies de peces crípticos en el estado también se incremente.

Las especies de peces crípticos que se distribuyen en el estado viven principalmente en los arrecifes rocosos y los manchones de arrecifes coralinos (véase Ecosistemas acuáticos, en esta obra), pueden hallarse desde la zona intermareal (pozas de marea), en aguas someras a unos cuantos metros de profundidad, o incluso en aguas profundas. Es común que estos organismos se encuentren en agujeros que ellos mismos excavan en la arena, o bien escondidos dentro de pequeñas oquedades, sobre corales, dentro de tubos de otros organismos o muy cerca de otros.

Por ejemplo, los peces tubícolas (Chaenopsidae; figura 5) viven dentro de tubos vacíos de gusanos poliquetos (anélidos) o conchas vacías de balanos (crustáceos). Algunos gobios (*Elacatinus puncticulatus*; figura 6) están estrechamente relacionados con un erizo de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

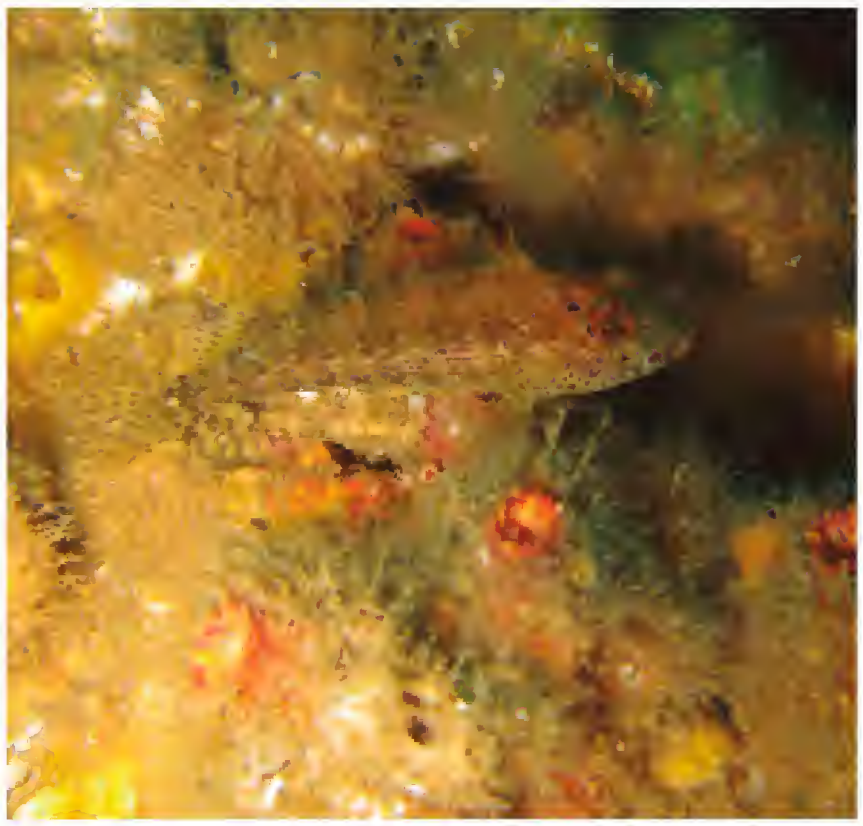


FIGURA 3. El trambollo pintado (*Malacoctenus tetranemus*, Labrisomidae) es la especie críptica arrecifal más abundante. Foto: Georgina Palacios Morales.

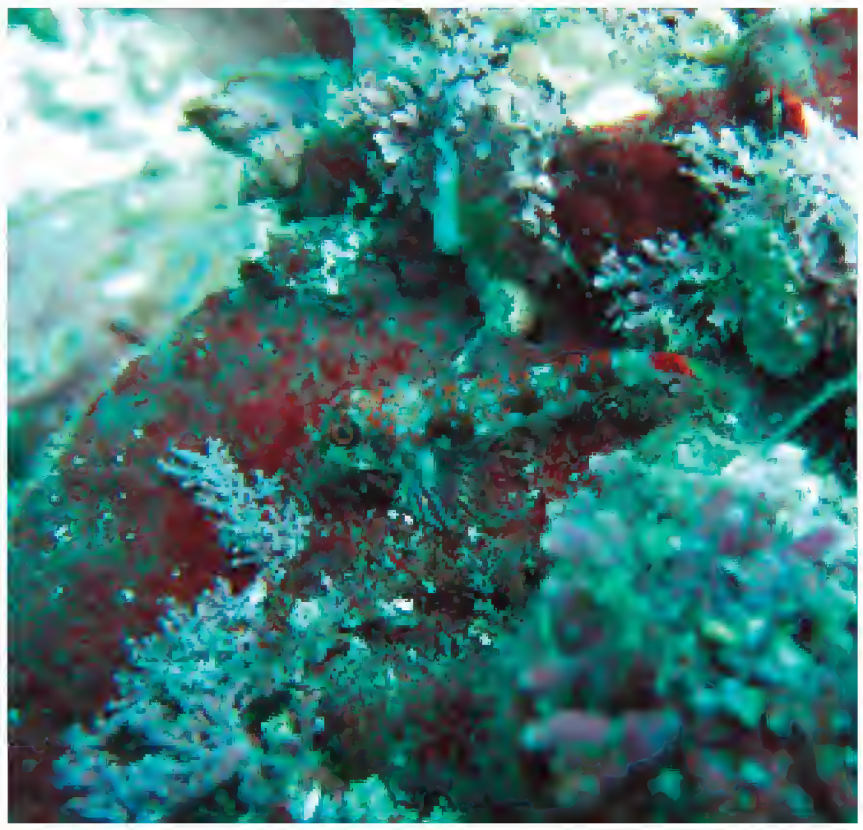


FIGURA 4. El tripterígido carmín (*Axoclinus storeyae*, Tripterygiidae) es uno de los nuevos registros. Foto: Salvador Romero Gallardo.

FIGURA 5. Peces tubícolas (*Acanthemblemaria macrospilus*, Chaenopsidae), hembra (derecha) y macho (izquierda), habitan en tubos vacíos de poliquetos. Foto: Georgina Palacios Morales.

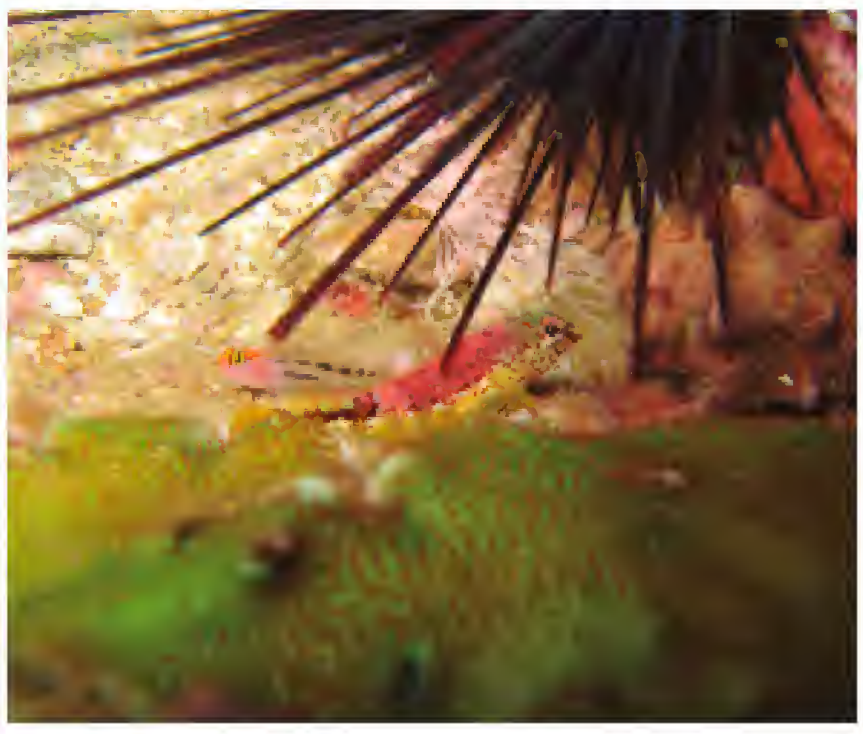


FIGURA 6. Gobio cabeza roja (*Elacatinus puncticulatus*, Gobiidae), se le ve frecuentemente cerca de erizos de mar. Foto: Salvador Romero Gallardo.

mar (*Diadema mexicanum*), el cual puede brindar protección contra depredadores (Torres-Hernández 2011).

IMPORTANCIA

Los peces crípticos desempeñan una importante función en los ambientes arrecifales. Las historias de vida de estos peces se encuentran caracterizadas por tasas elevadas de reproducción y mortalidad, vidas cortas, crecimiento rápido (Kritzer 2002, Depczynski y Bellwood 2003, 2006) y elevado metabolismo (Ackerman y Bellwood 2000), características que en conjunto les permite desempeñar un papel relevante en la red trófica. Por ejemplo, en algunos casos más de 25% del flujo de energía que pasa por la ictiofauna arrecifal corresponde a especies crípticas (Ackerman *et al.* 2004); son importantes consumidores de algas y detritus, lo que permite un enlace con la productividad primaria; también son consumidores de microcrustáceos, fungiendo como importantes carnívoros. Por otra parte, las especies crípticas son presa de piscívoros más grandes, como algunos lábridos o serrandos (Labridae y Serranidae; Depczynski y Bellwood 2003).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

Los peces crípticos desempeñan una función vital en los ambientes arrecifales del estado. Sin embargo, en la lista roja de UICN algunas de esas especies se encuentran dentro de la categoría de preocupación menor, aunque esa información se debe tomar con cautela debido a que se trata de especies que han sido poco estudiadas, por lo que su estado de conservación puede estar subestimado como producto de la carencia de información y del desconocimiento del problema real en que se encuentran.

Sin duda los ecosistemas marinos sufren gran presión, principalmente por la pesquería y la contaminación, por eso buscar indicadores del estado de salud de los ecosistemas y los peces crípticos es una alternativa de estudio para su conservación.

REFERENCIAS

Ackerman, J.L. y D.R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using rotenone stations. *Marine Ecology Progress Series* 206:227-237.

——. 2002. Comparative efficiency of clove oil and rotenone for sampling reef fish assemblages. *Journal Fish Biology* 60:893-901.

Ackerman, J.L., D.R. Bellwood y J.H. Brown. 2004. The contribution of small individuals to density-body size relationships: examination of energetic equivalence in reef fishes. *Oecologia* 139:568-571.

Depczynski, M. y D.R. Bellwood. 2003. The role of cryptobenthic reef fishes in coral reef trophodynamics. *Marine Ecology Progress Series* 256:183-191.

——. 2006. Extremes, plasticity and invariance in vertebrate life history traits: insights from coral reef fishes. *Ecology* 87:3119-3127.

España-Luna, M.P., O.G. Alvarado-Gómez, A. González-Hernández *et al.* 2006. Diferenciación genética de especies crípticas de *Trichogramma westwood* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Folia Entomológica Mexicana* 45(3).

Galván-Villa, C.M. 2011. Peces crípticos: componente importante de los sistemas arrecifales. *Biodiversitas* 97:1-5.

Kritzer, J.P. 2002. Stock structure, mortality and growth of decorated goby, *Istigobius decoratus* (Gobidae), at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Environmental Biology of Fishes* 63:211-216.

Murillo-Hiller, L.R. 2007. Un método para la identificación de tres especies crípticas de *Protesilaus* (Lepidoptera: Papilionidae) del sur de Brasil, basado en su morfología genital. *Revista de Biología Tropical* 55(2):665-671.

Torres-Hernández, E. 2011. *Listado taxonómico de peces crípticos de la costa michoacana*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Viesca-Lobatón, C. 2005. *Evaluación preliminar del proceso de rehabilitación del arrecife coralino de San Lorenzo en la Bahía de la Paz, BCS, México*. Tesis de maestría en ciencias, uso, manejo y preservación de recursos naturales. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), Baja California Sur.

Willis, T.J. 2001. Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *Journal of Fish Biology* 59:1408-1411.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Los peces de las pozas de marea

PALOMA SALAZAR ARAUJO Y ARTURO RAMÍREZ VALDEZ

INTRODUCCIÓN

Las pozas de marea, localizadas en la zona intermareal (franja de la zona litoral que se encuentra ubicada entre el límite de la marea más alta y el límite de la marea más baja; figura 1), son microhábitats altamente dinámicos, caracterizados por presentar condiciones ambientales cambiantes (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, etc.) e incluso extremas, que pueden ser letales para los organismos que las habitan. La variación en las condiciones ambientales se atribuye a la oscilación de la marea y características de la costa, y es principalmente durante la marea baja cuando se presenta el mayor estrés físicoquímico debido a la incidencia de factores ambientales externos (radiación solar, precipitación pluvial, temperatura atmosférica, evaporación, etc.) sobre el agua de mar contenida en las pozas.

ADAPTACIONES MORFOFISIOLÓGICAS DE LOS PECES INTERMAREALES

Para hacer frente a las condiciones cambiantes, los peces que habitan en estas pozas han desarrollado diversos mecanismos que les ayudan a mantener su presión osmótica interna y un balance en el pH (Horn y Martin 2006); además de presentar características morfológicas especializadas. La mayoría de estos organismos presentan un cuerpo corto, esbelto y flexible que les permite ocupar grietas y oquedades; una piel dura y cubierta de mucosa que resiste el roce contra el sustrato; aletas modificadas en forma de ventosa o disco de succión (figura 2); coloraciones crípticas (figura 3); y estructuras morfológicas funcionales (figura 4).

Por otra parte, algunas especies (principalmente las de afinidad bentónica, que se caracterizan por des-

FIGURA 1. Pozas de marea de La Majahuita, municipio de Aquila. Foto: Paloma Salazar.

Salazar-Araujo, P. y A. Ramírez-Valdez. 2019. Los peces de las pozas de marea. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 433-439.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Aleta pélvica del chupapiedra cebra (*Tomicodon zebra*, Gobiesocidae) modificada a manera de disco de succión. Foto: Paloma Salazar.

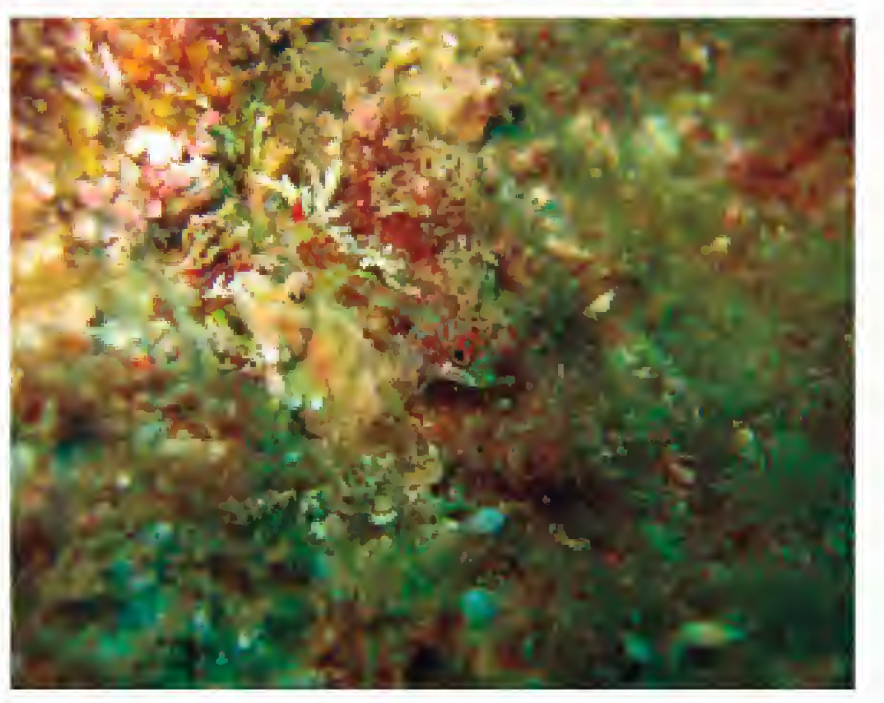


FIGURA 3. Macho de triple aleta carmín (*Axoclinus storeyae*) en cripticidad con el fondo. Foto: Salvador Romero Gallardo.

FIGURA 4. Adaptaciones morfológicas de los peces intermareales: cirros nucales, supraorbitales y nasales en el trambollo listado (*Labrisomus striatus*, Labrisomidae). Foto: Paloma Salazar.

plazarse sobre el fondo marino) se caracterizan por la ausencia o reducción de la vejiga natatoria, lo cual les proporciona baja flotabilidad y les permite permanecer sin esfuerzo sobre el fondo, donde la corriente es mínima y los refugios son inmediatos (Horn y Gibson 1988, Gibson y Yoshiyama 1999). Estas adaptaciones evolutivas, en combinación con una variedad de comportamientos que distinguen a las especies intermareales (cuidado parental, habilidad de retorno al "hogar", sincronización con los periodos de marea, entre otras), han contribuido al éxito de colonización, hasta convertirlas en componentes integrales de esta zona (Horn y Gibson 1988).

CLASIFICACIÓN DE LOS PECES INTERMAREALES

En función del uso que hacen de la banda intermareal, los peces que habitan en esta zona son clasificados en tres grupos: 1) especies residentes permanentes (RP), que se encuentran constituidas principalmente por especies bénticas que pasan toda su vida en este ambiente y exhiben adaptaciones ecomorfológicas, como las especies de la familia Blenniidae (figura 5); 2) especies residentes estacionales (RE), que pasan sólo una parte de su ciclo de vida en este hábitat, haciéndolo frecuentemente como juveniles (Gibson y Yoshiyama 1999; figura 6); y 3) especies visitantes ocasionales (VO), que incursionan a las pozas con fines alimenticios, reproductivos o bien accidentalmente (Cox 2007), como las pertenecientes a las familias Carangidae y Muraenidae (figura 7).

FIGURA 5. El borracho mono (*Ophioblennius steindachneri*, Blenniidae) es una especie residente permanente. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 6. Damisela de dos colores (*Stegastes flavilatus*, Pomacentridae) en estadio juvenil, residente estacional del hábitat intermareal. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 7. Morena pinta (*Muraena lentiginosa,* Muraenidae), especie visitante ocasional. Foto: Paloma Salazar.

DIVERSIDAD

En Michoacán las pozas de marea se registran a lo largo del litoral rocoso de los municipios de Aquila y Lázaro Cárdenas, siendo este último el más estudiado debido a la abundancia de estos microhábitats, entre los que se encuentran las pozas con los mayores volúmenes y dimensiones que existen en la Llanura Costera.

El listado actual de la ictiofauna que habita las pozas de marea rocosa de la entidad presenta un registro de 22 familias, 42 géneros y 52 especies (Salazar-Araujo 2012; apéndice 49). Este es el inventario más numeroso del Pacífico Tropical Mexicano, así como el segundo mayor registro en riqueza específica para el Pacífico Oriental Tropical (que abarca desde Bahía Magdalena, BCS, incluyendo el golfo de California, al norte de Perú; figura 8). Este listado incluye 32 especies que no habían sido colectadas en las pozas de marea del estado (cuadro 1), incluso existe la posibilidad de que una de las especies del género *Tomicodon* aún no esté descrita para la ciencia. De esas 32 especies, 19 son nuevos registros para el intermareal del Pacífico Mexicano (PM), y 15 para las pozas de marea del Pacífico Oriental Tropical, incluyendo a las familias Carangidae y Clupeidae, que se registran por primera vez en las pozas de marea de esta región (Weaver 1970, Aguirre-Villaseñor 1991, Ramírez-Valdez 2005, Ruíz-Campos *et al.* 2010, González-Murcia *et al.* 2016, Barjau-González *et al.* 2017).

Las familias con mayor riqueza específica fueron Pomacentridae (figura 6), Muraenidae (figura 7) y Labrisomidae (figura 4). Los peces que se registraron en un mayor número de sitios y pozas fueron: petaca mexicana (*Abudefduf declivifrons*), gobio de pozo (*Bathygobius ramosus*), pez ardilla (*Sargocentron suborbitalis*) y borracho aleta mocha (*Entomacrodus chiostictus*; Salazar-Araujo 2012).

De acuerdo con la clasificación mencionada, la comunidad de peces intermareales se encuentra conformada por ocho residentes permanentes, 10 residentes estacionales y 34 visitantes ocasionales (cuadro 1); de los cuales los primeros son los que presentan la mayor abundancia, mientras que los visitantes ocasionales son los mejor representados en número de especies (Salazar-Araujo 2012).

IMPORTANCIA Y AMENAZAS

Es importante mencionar que en el estudio de Salazar-Araujo (2012), las especies que estuvieron representadas exclusivamente por individuos en estadio juvenil superaron en número a aquellas presentes en la fase

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

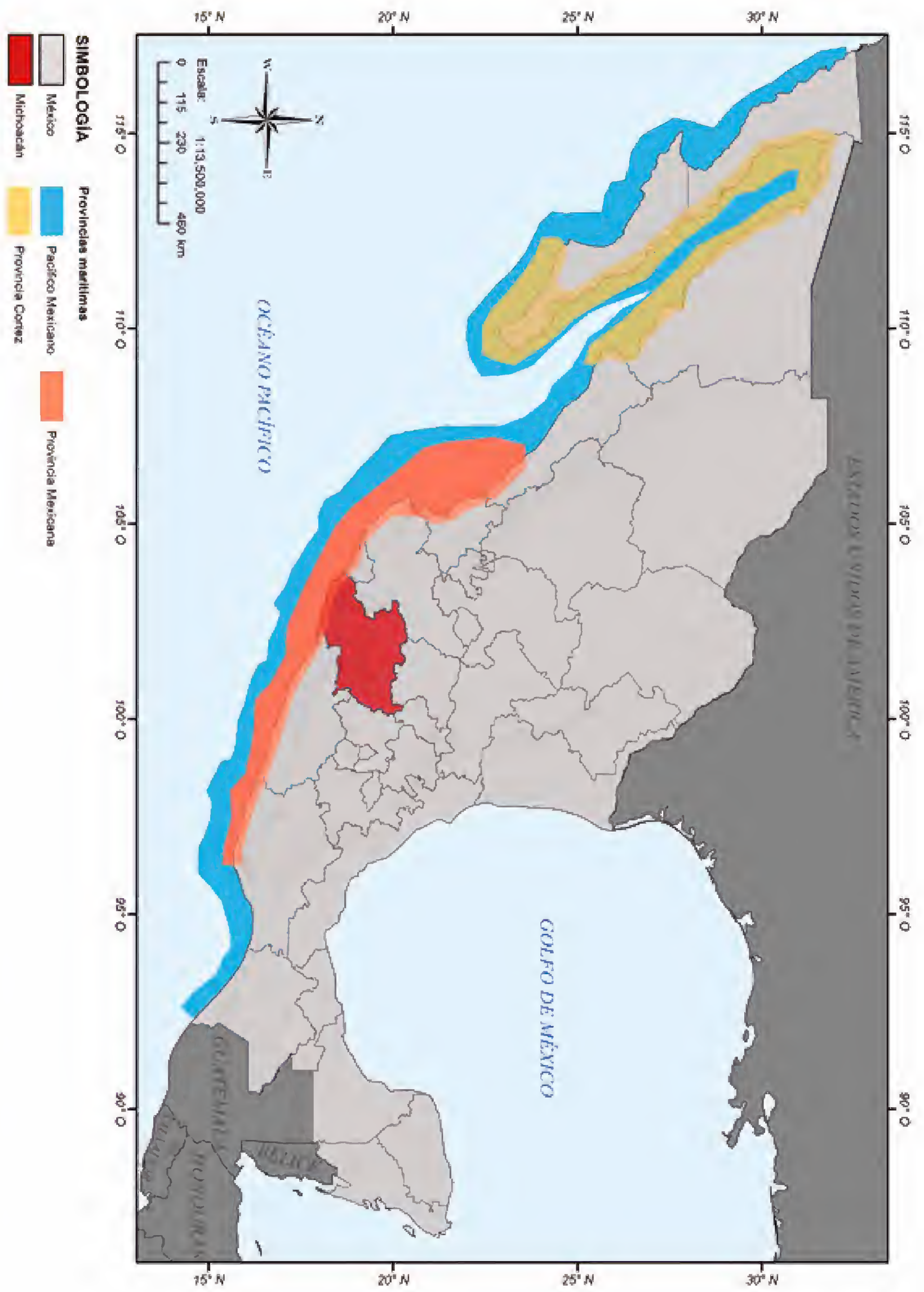


FIGURA 8. Litoral michoacano ubicado en la provincia biogeográfica Pacífico Mexicana, delimitada al norte por la provincia de Cortez y al sur por la provincia Panámica, en el Pacífico Oriental Tropical. Fuente: elaboración propia, modificado de Hastings 2000.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies registradas en las pozas de marea de la costa de Michoacán y su afinidad espacio-temporal (ET). Se indican los nuevos registros por región.

Familia	Especie	ET	MICH	PM	POT
Holocentridae	*Sargocentron suborbitalis*	RP			
Pomacentridae	*Abudefduf declivifrons*	RP			
	A. troschelii	RP	•		
Blenniidae	*Entomacrodus chiostictus*	RP			
	Ophioblennius steindachneri	RP			
Labrisomidae	*Malacoctenus* sp.	RP	•		
Gobiesocidae	*Tomicodon zebra*	RP			
Gobiidae	*Bathygobius ramosus*	RP	•		
Mugilidae	*Chaenomugil proboscideus*	RE			
	Mugil curema	RE			
Serranidae	*Epinephelus labriformis*	RE	•		
Pomacentridae	*Microspathodon bairdii*	RE			
	Stegastes acapulcoensis	RE			
Labridae	*Halichoeres notospilus*	RE	•		
	Thalassoma lucasanum	RE			
Labrisomidae	*Labrisomus multiporosus*	RE	•		
Gobiesocidae	*Gobiesox adustus*	RE	•		
Acanthuridae	*Prionurus punctatus*	RE			
Muraenidae	*Uropterygius macrocephalus*	VO	•	•	
	Enchelycore octaviana	VO	•	•	•
	Echidna nocturna	VO	•	•	
	Gymnothorax castaneus	VO	•		
	Muraena lentiginosa	VO			
Engraulidae	*Anchoa nasus*	VO	•	•	•
	A. argentivittata	VO	•	•	•
Clupeidae	*Harengula thrissina*	VO	•	•	•
	Opisthonema medirastre	VO	•	•	•
Atherinopsidae	*Atherinella eriarcha*	VO	•		
Serranidae	*Rypticus bicolor*	VO	•	•	•
Apogonidae	*Apogon retrosella*	VO	•		
Carangidae	*Trachinotus rhodopus*	VO	•	•	
	Chloroscombrus orqueta	VO	•	•	•
	Caranx caballus	VO	•	•	•
Lutjanidae	*Lutjanus argentiventris*	VO	•		•
	L. novemfasciatus	VO	•		
Gerreidae	*Eucinostomus currani*	VO	•	•	•
Chaetodontidae	*Chaetodon humeralis*	VO			
	Johnrandallia nigrirostris	VO	•		
Cirrhitidae	*Cirrhitus rivulatus*	VO			
Pomacentridae	*Microspathodon dorsalis*	VO			

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Familia	Especie	ET	MICH	PM	POT
Pomacentridae	*Stegastes flavilatus*	VO			
	S. rectifraenum	VO			
Labridae	*Halichoeres dispilus*	VO			
Tripterygiidae	*Axoclinus storeyae*	VO	●	●	●
	Enneanectes macrops	VO	●	●	●
Labrisomidae	*Labrisomus striatus*	VO	●	●	●
	Malacoctenus tetranemus	VO	●	●	●
	Paraclinus mexicanus	VO	●	●	
Gobiesocidae	*Arcos erythrops*	VO	●	●	●
	Tomicodon sp.	VO			
Microdesmidae	*Clarkichthys bilineatus*	VO	●	●	
Acanthuridae	*Acanthurus triostegus*	VO			
Total de nuevos registros			**32**	**19**	**15**

MICH: Michoacán, PM: Pacífico Mexicano, PO: Pacífico Oriental Tropical, RP: residente permanente, RE: residente estacional, VO: visitante ocasional.
Fuente: Salazar-Araujo 2012.

adulta. Esto evidencia la importancia del hábitat intermareal como guardería de muchas especies, incluyendo a las de interés comercial y ornamental (p.e. pomacéntridos, chaetodóntidos, carángidos y acantúridos), que encuentran en este sistema no sólo una fuente de alimento disponible, sino también una ventaja adicional al reducir el riesgo de depredación que implica habitar en la zona submareal adyacente a la franja intermareal que se encuentra permanentemente sumergida en el océano.

La banda intermareal se caracteriza por ser una zona de fácil acceso, lo que hace a las comunidades de peces intermareales altamente vulnerables al impacto ambiental de origen antropogénico (contaminación, sedimentación, extracción de especies, entre otras). Además, estas especies son muy sensibles a las alteraciones o modificaciones naturales de su hábitat, por lo que su capacidad de movilidad limitada les impide migrar, provocando la pérdida total o parcial de sus poblaciones (Ramírez-Valdez 2005). Esto ha originado que los peces intermareales sean propuestos como bioindicadores de la salud del ecosistema (Horn *et al.* 1999), convirtiéndolos en un grupo relevante para el manejo y administración de los recursos costeros.

CONCLUSIONES

A pesar de la importancia que tienen estas comunidades en materia de conservación, son escasos los estudios que aportan conocimiento sobre las comunidades de peces que habitan en la zona intermareal del PM, principalmente de las regiones del Pacífico central y Pacífico sur de México, en las que se desconoce casi por completo la composición de los elencos, la dinámica y el funcionamiento de sus sistemas. En relación a la zona intermareal de Michoacán, sólo se cuenta con dos estudios dirigidos a su ictiofauna (Aguirre-Villaseñor 1991, Salazar-Araujo 2012), por lo que es estrictamente necesario el desarrollo de más proyectos de investigación que permitan conocer cómo funciona este hábitat, cuáles son las comunidades que lo integran y qué acciones deben tomarse para asegurar la protección y conservación de las especies que lo habitan.

REFERENCIAS

Aguirre-Villaseñor, H. 1991. *Ecología de las comunidades de peces de la zona intermareal de Caleta de Campos, Michoacán.* Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Barjau-González, E., A.K. Romo-Piñeda, J.M. López-Vivas *et al.* 2017. Variation of the structure of the intertidal fish community of the Pacific coast of Baja California Sur, México. *International Journal of Marine Science* 7(48): 455-461.

Cox, K.N. 2007. *Abundance and distribution patterns of intertidal fishes at three sites within Redwood National and state parks, 2004-2005.* Tesis de maestría. Humboldt State University, EUA.

Gibson, R.N. y R.M. Yoshiyama. 1999. Intertidal fish communities. En: *Intertidal fishes: life in two worlds.* M.H. Horn, K.L.M. Martin y M.A. Chotkowski (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 264-296.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

González-Murcia, S., F. Chicas-Batres y M.H. Lovo. 2016. Community structure and height distribution of intertidal rockpool fish in Los Cóbanos, El Salvador. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 11(3):227-242.

Hastings, P.A. 2000. Biogeography of the tropical Eastern Pacific: distribution and phylogeny of chaenopsid fishes. *Zoological Journal of the Linnean Society* 128:319-335.

Horn, M.H. y R.N. Gibson. 1988. Peces intermareales. *Investigación y Ciencia* 138: 50-57.

Horn, M.H., K.L.M. Martin y M.A. Chotkowski. 1999. *Intertidal fishes, life in two worlds.* Academic Press, San Diego.

Horn, M.H. y K.L.M. Martin. 2006. Rocky intertidal zone. En: *The ecology of marine fishes: California and adjacent waters.* L.G. Allen, D.J. Pondella y M.H. Horn (eds.). Universidad de California Press, Berkeley, pp. 205-226.

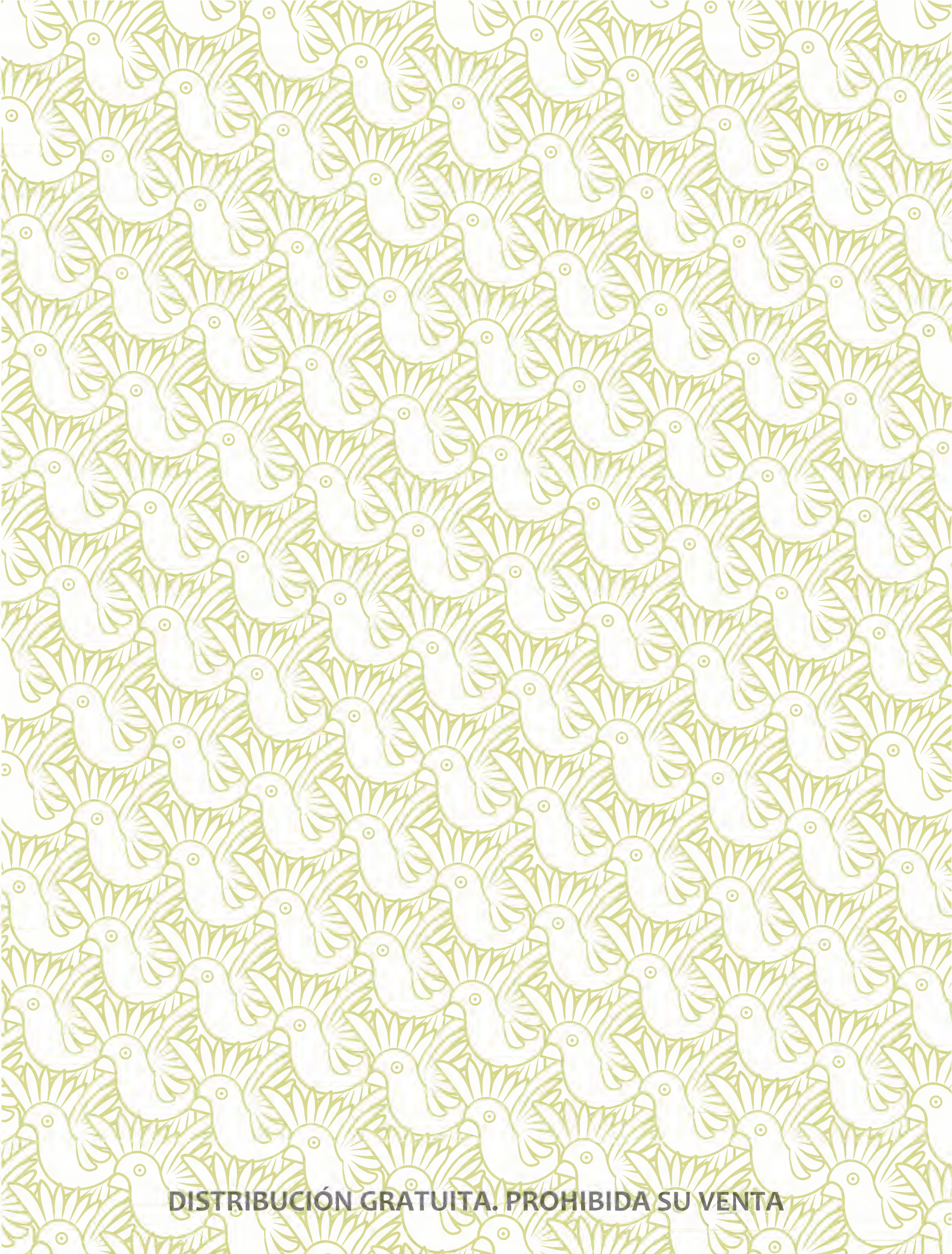
Ramírez-Valdez, A. 2005. *Composición taxonómica y ecológica de la comunidad íctica del intermareal rocoso de Guerrero, México.* Tesis de licenciatura en ecología marina. Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco.

Ruíz-Campos, G., S. González-Guzmán, A. Ramírez-Valdez *et al.* 2010. Composition, density and biogeographic affinities of the rocky intertidal fishes on the western coast of the Baja California Peninsula, México. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 51:210-220.

Salazar-Araujo, P. 2012. *Composición taxonómica y aspectos ecológicos de la ictiofauna del intermareal rocoso de la costa de Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Weaver, P.L. 1970. Species diversity and ecology of tidepool fishes in three Pacific coastal areas of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 17(2):165-185.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

La integridad biótica del lago de Chapala

RODRIGO MONCAYO ESTRADA Y CARLOS ESCALERA GALLARDO

INTRODUCCIÓN

La integridad de los recursos acuáticos se puede medir como el grado en el cual un lago, río, presa o agua subterránea, es capaz de sustentar la diversidad que en ellos habita y, de manera indirecta, proveer al mismo tiempo una serie de servicios ecosistémicos a nivel local y regional (Frissell y Bayles 1996, Danielopol *et al.* 2003, Barbosa *et al.* 2004, Williams *et al.* 2011). Socialmente estos servicios se refieren a la satisfacción de necesidades humanas, como el agua para uso doméstico y la recreación, así como su conservación para generaciones futuras (Gleeson *et al.* 2012).

Una forma de medir la integridad de los cuerpos de agua es considerar la diversidad de los organismos (plantas y animales) que habitan en ellos, lo que se denomina integridad biótica (Karr 1981).

Este análisis permite evaluar si las especies que habitan al interior de los cuerpos de agua han sido afectadas por los procesos de contaminación y degradación (modificación del cauce o las orillas, construcción de infraestructura, extracción de agua, dragado, por citar algunas), por lo tanto, su presencia o ausencia refleja qué tan conservado o deteriorado está el ecosistema. Uno de los métodos más utilizados es el Índice de Integridad Biótica (IBI), donde se emplean los peces.

El IBI permite caracterizar la existencia y severidad de daños en los ecosistemas acuáticos, como reflejo de la acumulación y combinación de los efectos de las alteraciones humanas (Fausch *et al.* 1990, Lyons *et al.* 2000, Mercado *et al.* 2002).

La estimación de la integridad biótica se realiza mediante el diagnóstico de variables estructurales (composición y abundancia) y funcionales (alimentación y parasitismo) de las comunidades de peces. Estas variables deben ser sensibles y capaces de distinguir entre variaciones ambientales naturales y aquellas inducidas por la actividad humana, además de ser fáciles de medir e interpretar (Karr 1981, Lyons *et al.* 1995, Mercado *et al.* 2002).

El índice tiene una escala de 0 a 100, con intervalos de 0-20 (muy pobre), >20-40 (pobre), >40-60 (regular), >60-80 (bueno) y >80 (excelente; Lyons *et al.* 2000).

DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS

El lago de Chapala (20° 19′ 48″ N, 103° 25′ 34″ O) se localiza a 1 510 msnm y se define como neotectónico, es decir, su origen es resultado de los movimientos de las placas tectónicas sucedidos en los últimos 11 millones de años. Se le clasifica, de acuerdo con las características biofísicas, como mesotrófico o un cuerpo de agua con un nivel intermedio de productividad, manteniendo lechos de plantas acuáticas sumergidas y niveles medios de nutrientes, y está ubicado entre los estados de Michoacán y Jalisco, en la franja tropical (Lind *et al.* 1992). El lago forma parte de la cuenca Lerma-Chapala, que tiene un área de 53 591 km^2, y comprende parte de cinco estados del centro del país (Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco; figura 1). Además, en su entorno inmediato tiene una subcuenca de 3 312 km^2, donde se encuentran 14 municipios de Jalisco y 12 de Michoacán (Juárez-Aguilar 2013). A pesar de su gran superficie (900 km^2), el lago de Chapala es somero, con una profundidad media de 7 m (Lind y Dávalos-Lind 2002). Además de ser el lago natural más grande del país, se trata de una importante fuente de agua para la ciudad de Guadalajara (CEA 2010), representa el medio de sustento de más de 1 699 pescadores, tanto de Michoacán como de Jalisco (incluyendo a sus familias) y llega a proporcionar un volumen total de 20 Mm^3 de agua para el cultivo de maíz y sorgo, principalmente en la ciénega de Chapala (volumen registrado de enero a mayo de 2013 en el módulo de riego núm. 1, La Palma de la Ciénega, A.C.).

El lago de Chapala se considera de gran importancia, ya que representa un centro de evolución y rápida especiación o desarrollo de varias especies de peces en un corto periodo de tiempo (radiación adaptativa; Miller *et al.* 2009). Eso es uno de los motivos por lo que fue declarado humedal de importancia internacional (sitio Ramsar) el 2 de febrero de 2009 (Juárez-Aguilar 2013). Dicha declaratoria responde también al cumplimiento de otros criterios, incluyendo la presencia de especies amenazadas, en peligro de extinción o de protección especial (NOM-059-SEMARNAT-2010), especies de importancia ecológica, población de aves con valo-

Moncayo-Estrada, R. y C. Escalera-Gallardo. 2019. La integridad biótica del lago de Chapala. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 441-446.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

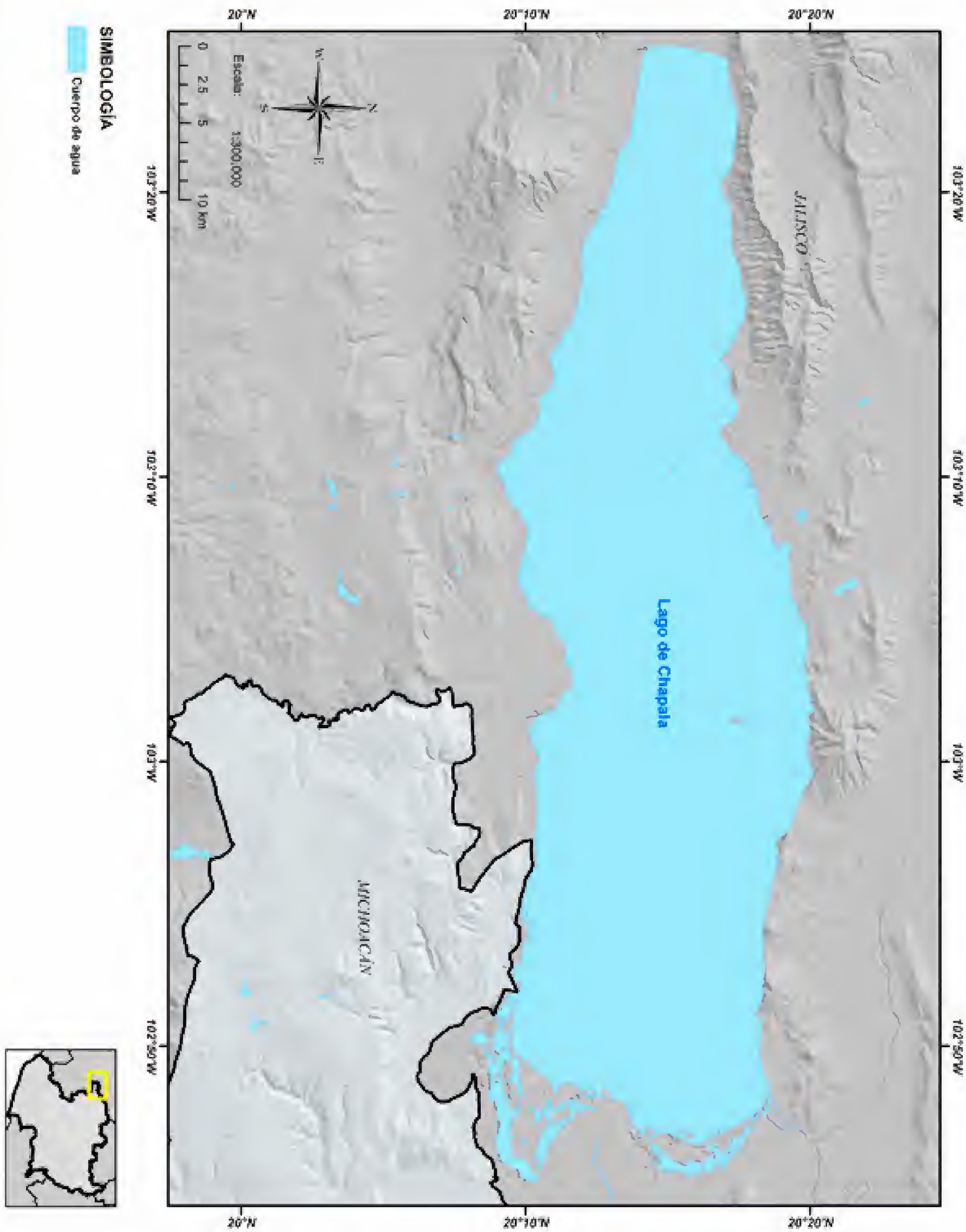


FIGURA 1. Ubicación del lago de Chapala. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

res mayores a los 20 mil individuos incluidos en 94 especies, y porque el ecosistema se mantiene en equilibrio y es una fuente importante de alimentación y desove para peces (López-Velázquez *et al.* 2011).

Además, este ecosistema y su cuenca tienen prioridad de conservación de biodiversidad *alfa*, *beta* y *gamma* (especies, poblaciones y ecosistemas), por el cuerpo de agua y la vegetación que lo rodea (CEA 2010).

Este cuerpo de agua cuenta con una alta riqueza de peces nativos y endémicos (27 especies), principalmente en lo que respecta a los peces blancos y charales (familia Atherinopsidae), con ocho especies registradas, y los tiros y cheguas (familia Goodeidae) con 10 especies (Moncayo-Estrada y Buelna-Osben 2001; cuadro 1).

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Desafortunadamente el lago de Chapala presenta una importante degradación ambiental, motivo por el cual se encuentra en la lista hecha por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) y es catalogado como uno de los sistemas naturales más amenazados de México (Thielcke y Resch 2001). Esta tendencia también fue revelada con la aplicación del Índice de Integridad Biótica (IBI), considerando la diversidad (especies nativas e introducidas) de la ictiofauna para diferentes periodos de tiempo (Moncayo-Estrada *et al.* 2012).

Para el lago, los resultados del IBI marcan una tendencia a la disminución de la integridad biótica (figura 2).

CUADRO 1. Peces endémicos (E) y nativos (N) de Chapala.

Familia	Especie	E/N	NOM-059
Petromyzontidae	*Lampetra spadiceus**	N	
Cyprinidae	*Algansea popoche*	E	
	A. tincella	N	
	*Notropis calientis**	N	A
	*N. sallei**	N	
	Yuriria alta	N	
Catostomidae	*Moxostoma austrinus**	N	
Ictaluridae	*Ictalurus dugesii*	N	
Atherinopsidae	*Chirostoma contrerasi*[1]	N	
	C. consocium	N	
	C. chapalae	E	
	C. jordani	N	
	C. labarcae	N	
	C. lucius	N	
	C. promelas	E	A
	C. sphyraena	E	
Poecilidae	*Poeciliopsis infans*	N	
Goodeidae	*Allotoca dugesii**	N	A
	*Alloophorus robustus**	N	
	Chapalichthys encaustus	N	
	Goodea atripinnis	N	
	*Skiffia bilineatus**	N	P
	*S. lermae**	N	A
	*S. multipunctata**	N	
	*Xenotoca variata**	N	
	*Zoogoneticus quitzeoensis**	N	A

*Especies que no se han capturado a partir de 1990. [1]Especie no reportada para Michoacán, por lo que no se incluye en el apéndice correspondiente al grupo. Categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: P: en peligro de extinción, A: amenazada.
Fuente: Moncayo-Estrada y Buelna-Osben 2001.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En la década de los setenta el IBI fue "bueno" y eso respondió a que la totalidad de las especies nativas estuvieron presentes. En la década de los ochenta mantuvo el mismo estatus, pero con una disminución en el valor como resultado de la reducción en el número de especies sensibles y carnívoras (*Lampetra spadiceus* y *Moxostoma austrinum*), y el incremento en la biomasa de las especies introducidas, particularmente la carpa común (*Cyprinus carpio*) y la reciente introducción de la tilapia (*Oreochromis aureus*). En la década de los noventa pasó al nivel de "regular", debido a que tres especies nativas (*Notropis sallei*, *Ictalurus ochoterenai* y *Skiffia multipunctata*; figura 3) no se reportaron; incluso en esa década la captura de casi todas las especies en la pesquería, a excepción de la tilapia, se redujo a la mitad, aún sin reducir el esfuerzo, dando síntomas de sobreexplotación. Finalmente, en el año 2000 llegó al nivel de "muy pobre" y desde entonces se dio el colapso de la pesca en el lago, en donde 11 especies nativas no se han encontrado, incluyendo una carpa (*Notropis calientis*; figura 4) un charal (*Chirostoma arge*) y varios goodeidos (*Allotoca dugesii*, las tres especies del género *Skiffia* y *Zoogoneticus quitzeoensis*; Moncayo-Estrada *et al.* 2012). Sin embargo, permanecen en el lago especies nativas tolerantes como *Chapalichthys encaustus* (figura 5).

Las causas de esa crítica tendencia están relacionadas con la combinación de varios elementos:

1. Pérdida de volumen del lago, relacionada a procesos naturales de años secos o con pocas lluvias (CEA 2010) y aspectos antrópicos como la retención del agua y su uso en diferentes actividades, principalmente la agricultura, a lo largo de la cuenca Lerma-Chapala
2. La sobreexplotación pesquera, que a partir de un máximo histórico de producción de 17 700 t, en 1981, para el 2012 sólo se capturaron 2 500 t, siete veces menos, incluso con una caída durante los últimos tres años (SAGARPA 2013*a*)
3. La baja calidad del agua, resultado, entre otros factores, de la contaminación orgánica (hasta 29.2 mg de nitrógeno total por litro, 6.78 mg de fósforo total por litro y 52.1 mg de carbono orgánico total por litro; Dávalos-Lind *et al.* 2013)
4. La introducción de especies que tuvo lugar desde la década de los veinte, con la carpa común (*Cyprinus carpio*), la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y, posteriormente en 1970 con la tilapia (*Oreochromis aureus*), cuyas poblaciones se siguen manteniendo a través de siembras regulares de crías, lo que ocasiona que continúen dominando la pesquería (Moncayo-Estrada *et al.* 2012, SAGARPA 2013*b*)

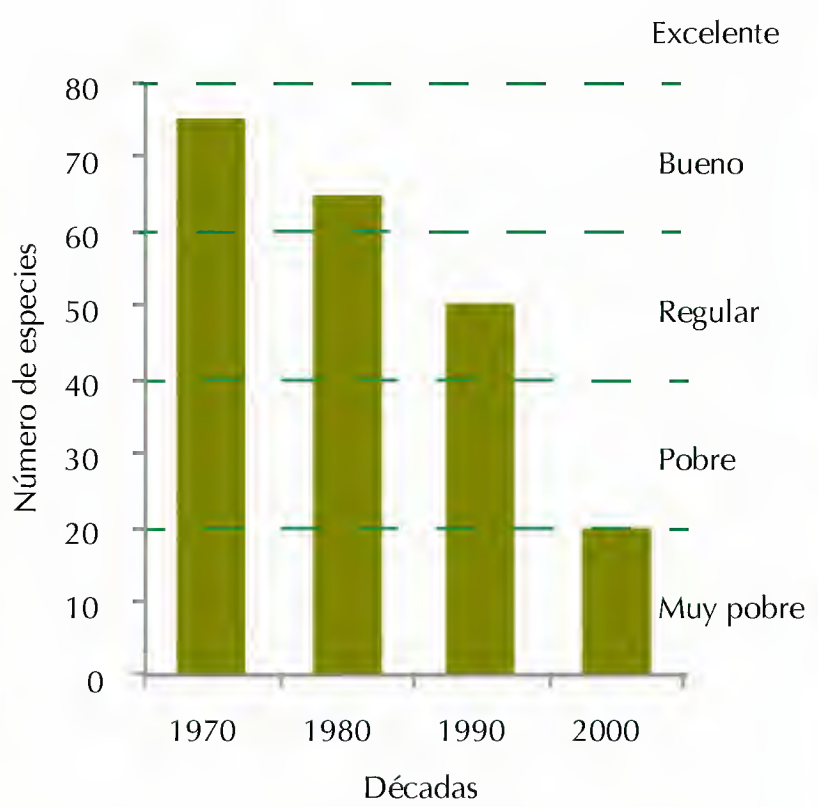


FIGURA 2. Cambio en el tiempo de la integridad biótica, mediante identificación de peces, para el lago de Chapala. Se marcan con una línea gris los intervalos que definen las escalas derivadas de la aplicación del Índice de integridad biótica. Fuente: Moncayo-Estrada *et al.* 2012.

FIGURA 3. *Skiffia multipunctata*. Foto: Ivette Marai Villa Villaseñor.

FIGURA 4. *Notropis calientis*. Foto: Omar Domínguez.

FIGURA 5. *Chapalichthys encaustus*. Foto: Ivette Marai Villa Villaseñor.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONSERVACIÓN

A pesar de la importancia que representa el lago de Chapala para el estado, existe una escasa o nula iniciativa de manejo integral. Si bien se han conformado las comisiones de cuenca, como organismos auxiliares para atender los diferentes problemas a una menor escala espacial (subcuenca), la que se formó para este lago el 2 de septiembre de 1998 fue desactivada en 2003 (Juárez-Aguilar 2013). Lamentablemente, dicho escenario es común en otros cuerpos de agua de Michoacán, Jalisco y en general del país, y aunque se ha identificado desde hace varios años, la problemática no se ha atendido o al menos atenuado. El porqué de esta indiferencia no responde a la falta de propuestas, independientemente de no existir de manera activa la figura de Comisión de Cuenca en el lago de Chapala, se estructuró el plan interinstitucional para la sustentabilidad de la cuenca del lago Chapala, que fue aprobado por unanimidad en la Comisión de Medio Ambiente del Congreso de la Unión y publicado en la gaceta parlamentaria del 12 de junio de 2010. En dicho plan participaron 15 municipios de Jalisco y 17 de Michoacán, los cuales se integraron en asociaciones intermunicipales por estados, y su elaboración tuvo el auxilio de instituciones de educación, investigación y gubernamentales. A pesar de la trascendencia de este hecho, la falta de organización y anteposición de intereses individuales o grupales a un bienestar comunitario, sobre todo en el estado de Michoacán, no permitió su consolidación integral. Sin embargo, derivado de este plan se establecieron seis estrategias rectoras: infraestructura, gestión institucional, investigación y monitoreo, normatividad, cultura ambiental y del agua y conservación y restauración ambiental, las cuales incorporan líneas generales y específicas de acción (cuadro 2). Estas estrategias se priorizaron, en acuerdo con los presidentes municipales, se complementan unas con otras y se pueden considerar como suficientes para atender la problemática de manera integral.

CONCLUSIONES

El lago de Chapala es, sin duda, de gran importancia para Michoacán, desafortunadamente se ha visto amenazado por un conjunto de factores a los que no se les ha dado una solución definitiva. No obstante, a nivel de la cuenca Lerma-Chapala, y el propio lago, las propuestas se han relacionado con garantizar un volumen de agua continuo de los diferentes afluentes del lago (principalmente del río Lerma); mejorar de forma sustancial la calidad del agua en los diferentes ecosistemas acuáticos, que incluya el manejo y control de las malezas; realizar un ordenamiento integral de la actividad pesquera y mejorar la organización de los prestadores de servicios, para cuidar las condiciones ambientales de las playas, entre otros (CONABIO 2005).

En este contexto, el análisis de la IBI del lago es un instrumento importante para la toma de acciones contundentes, ya que la presencia o ausencia de especies nativas, carnívoras y sensibles, además de la compara-

CUADRO 2. Estrategias y propuestas derivadas del Plan interestatal para la sustentabilidad de la cuenca del lago de Chapala.

Estrategias	Propuestas
Infraestructura	Elaboración de proyectos ejecutivos y puesta en marcha de obras de saneamiento, centros integrales de tratamiento de residuos sólidos y establecimiento de paquetes de ecotecnias
Gestión institucional	Búsqueda de fuentes de financiamientos potenciales y la identificación, manejo y solución de problemas técnicos
Investigación y monitoreo	Diseño de sistemas de información base, el diagnóstico y seguimiento de la situación que guarda el recurso hídrico y el ordenamiento ecológico territorial, municipal y regional
Normatividad	Programa de auditoría ambiental "Campo limpio, cuenca limpia e industria limpia", la elaboración de manuales de procedimiento, reglamento y normas ambientales municipales, entre otros
Cultura ambiental y del agua	Programas para manejo, monitoreo y uso eficiente del agua, capacitación sobre gestión y manejo integral de residuos y fortalecimiento de la gestión ambiental municipal
Conservación y restauración ambiental	Restauración productiva, reforestación y establecimiento de viveros, así como obras de restauración y conservación de suelos

Fuente: Cámara de Diputados 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ción de la biomasa de las especies tolerantes e introducidas, marca la pauta para la mitigación del impacto y la restauración de estos ecosistemas. La preservación de las especies, principalmente las más sensibles, hace necesario un ecosistema no degradado, de aquí la importancia de la recuperación integral de este cuerpo de agua. Esto no sólo se relaciona con el contar con un acervo biótico y genético, sino también por los beneficios y servicios que ofrece como ecosistema a Michoacán.

REFERENCIAS

Barbosa, F.A.R., F.R. Scarano, M.G. Sabará y F.A. Esteves. 2004. Brazilian LTER: Ecosystem and biodiversity information in support of decision-making. *Environmental Monitoring and Assessment* 90:121-133.

Cámara de Diputados. 2010. Punto de acuerdo, por el que se solicita a las Comisiones de Presupuesto y Cuenta Pública, de Recursos Hidráulicos, y de Medio Ambiente y Recursos Naturales que consideren el Programa Operativo 2011 del Plan Interestatal para la sustentabilidad de la cuenca del lago de Chapala. Diputado Felipe de Jesús Rangel Vargas (Grupo Parlamentario del PAN). Gaceta Parlamentaria 3092-VIII.

CEA. Comisión Estatal del Agua de Jalisco. 2010. Lago de Chapala, Guadalajara, Jalisco, Mexico. En: *<http://www.cea-jalisco.gob.mx/chapala.html>,* última consulta: 15 de agosto de 2013.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2005. Ficha número 58. Chapala-Cajititlán-Sayula. En: *<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_058.html>,* última consulta: 15 de agosto de 2013.

Danielopol, D.L., C. Griebler, A. Gunatilaka y J. Notenboom. 2003. Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation* 30(2):104-130.

Dávalos-Lind, L., O.T. Lind, G. Velarde *et al.* 2013. Aporte de nutrientes de fuentes puntuales y difusas de la subcuenca del lago de Chapala y su potencial para promover crecimiento algal. En: *Contaminación agrícola y erosión en la cuenca del lago Chapala*. A. Juárez-Aguilar (ed.). Informe Técnico, Corazón de la Tierra, A.C./FORDECYT/FIDERCO, pp. 51-70.

Fausch, D.K., J. Lyons, R.J. Karr y L.P. Angermeier. 1990. Fish as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium* 8:123-144.

Frissell, C.A. y D. Bayles. 1996. Ecosystem management and the conservation of aquatic biodiversity and ecological integrity. *Water Resources Bulletin* 32(2):229-240.

Gleeson, T., W.M. Alley, D.M. Allen *et al.* 2012. Towards sustainable groundwater use: setting long-term goals, backcasting, and managing adaptively. *Ground Water* 50(1):19-26.

Gueguen, K. 2005. Organización administrativa y operativa de las unidades de pequeño riego que utilizan presas en la cuenca Lerma-Chapala. En: *Los retos del agua en la cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión*. S. Vargas y E. Mollard (eds.). IMTA/SEMARNAT/CONACYT/IRD, pp. 184-204.

Juárez-Aguilar, A. 2013. Contaminación agrícola y erosión en la cuenca del lago Chapala. Informe Técnico. Corazón de la Tierra, A.C./FORDECYT/FIDERCO, México.

Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6:21-27.

Lind, O.T. y L. Dávalos-Lind. 2002. Interaction of water quantity with water quality: the Lake Chapala example. *Hydrobiologia* 467:159-167.

Lind, O.T., R. Doyle, D.S. Vodopich *et al.* 1992. Clay turbidity: regulation of phytoplankton production in a large, nutrient-rich tropical lake. *Limnology and Oceanography* 37(3):549-565.

López-Velázquez, R., H.O. Covarrubias, R.M. González *et al.* 2011. *Aves del lago de Chapala*. Guía Técnica. Comisión Estatal del Agua de Jalisco, México.

Lyons, J., P.S. Navarro, A.P. Cochran *et al.* 1995. Index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in west-central México. *Conservation Biology* 9:569-584.

Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández, E. Díaz-Pardo *et al.* 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia* 418:57-72.

Mercado, N., J. Lyons, M.G. Salgado y M. Medina-Nava. 2002. Validation of a fish-based index of biotic integrity for streams and rivers of central Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:179-191.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. CONABIO/Sociedad Ictiológica Mexicana, A.C./ECOSUR/Consejo de los Peces del Desierto, México.

Moncayo-Estrada, R. y H.R. Buelna-Osben. 2001. Fish fauna of lake Chapala. En: *The Lerma-Chapala watershed: evaluation and management*. A.M. Hansen y M. van Afferden (eds.). Kluwer Academic Publishers/Plenum Press, Londres, pp. 215-242.

Moncayo-Estrada, R., J. Lyons, C. Escalera-Gallardo y O.T. Lind. 2012. Long-term change in the biotic integrity of a shallow tropical lake: a decadal analysis of the Lake Chapala fish community. *Lake and Reservoir Management* 28:92-104.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2013*a*. OEIDRUS Jalisco. Anuarios estadísticos. En: *<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/pesca/anuarios/>,* última consulta: 13 de agosto de 2013.

——. 2013*b*. SAGARPA-CONAPESCA siembran un millón de tilapias en el lago de Chapala. En: *<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/boletines/Paginas/B0482011.aspx>,* última consulta: 13 de agosto de 2013.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Thielcke, G. y J. Resch. 2001. *Living lakes*. Global Nature Fund.

Williams, J.E., R.N. Williams, R.F. Thurow *et al.* 2011. Native fish conservation areas: a vision for large-scale conservation of native fish communities. *Fisheries* 36(6):267-277.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Estado de conservación y amenazas a los peces nativos

CARMEN DEL ROCÍO PEDRAZA MARRÓN Y GEORGINA PALACIOS MORALES

INTRODUCCIÓN

Los peces dulceacuícolas, estuarinos y marinos, conforman un recurso natural importante para Michoacán debido a la alta diversidad de especies y el valor cultural y económico que representan para la sociedad en general. Sin embargo, gran parte de esas especies presentan un estado de conservación crítico, ya que muchas de sus poblaciones están en riesgo de desaparecer. Parte importante de esa problemática se debe a que se desconoce la situación en la que se encuentran, y a que la mayoría de las especies nativas de peces reportadas no cuentan con datos suficientes o no han sido evaluadas en torno a su estado de conservación.

Actualmente, se encuentran enlistadas 24 especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (cuadro 1), mientras que en la lista roja de la UICN (2014) se encuentran 30 especies registradas en alguna de las categorías (cuadro 2).

PECES DE AGUA DULCE

Algunos de los estudios que se realizaron en torno a la desaparición poblacional de los peces dulceacuícolas mostraron un panorama pesimista (Soto-Galera *et al.* 1998, De la Vega-Salazar 2003, Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*, 2008). Un análisis más reciente es el realizado por Pedraza-Marrón (2011) sobre la distribución histórica (1900-1998) de 110 especies nativas de peces de agua dulce que habitan en el centro del país, en donde se abordan parcial o totalmente los estados de Aguascalientes, Hidalgo, San Luis Potosí, Durango, Querétaro, Jalisco, Guanajuato, Estado de México, Michoacán, Nayarit y Zacatecas.

Michoacán contempla 47 de estas localidades, las cuales están distribuidas sobre todo en las provincias fisiográficas, Sierras y Bajíos Michoacanos, Mil Cumbres, Neovolcánica Tarasca y Escarpa limítrofe del sur (Cervantes-Zamora *et al.* 1990). Pedraza-Marrón (2011) reportó que la popocha (*Algansea popoche*), el bagre del Balsas (*Ictalurus balsanus*), la carpa de Maravatío (*N. marhabatiensis*), el charal tarasco (*Chirostoma charari*) y el charal pinto (*C. patzcuaro*) han desaparecido en todos los sitios donde históricamente se tenía registrada su presencia (antes de 1998), lo cual es un ejemplo de la dramática disminución del área de distribución de las poblaciones de peces en el estado. Pese a ello, algunas especies como el bagre del Balsas (*I. balsanus*) aún ha sido registrada en localidades antes no reportadas, aunque para otras es posible que pueda hablarse de su desaparición, como es el caso de la carpa de Maravatío (*N. marhabatiensis*) y el charal tarasco (*C. charari*), especies endémicas extintas, de acuerdo con los datos históricos de la colección de peces de la UMSNH.

FIGURA 1. Macho de tiro chato *(Allotoca dugesii)*, especie que ha perdido más de la mitad de las poblaciones históricamente registradas en Michoacán. Considerada en peligro de extinción según la NOM-059. Foto: Juan Carlos Merino.

Por otro lado, al considerar la tasa de permanencia (TP) de las especies nativas se demostró la desaparición de las poblaciones de 25 especies históricamente registradas, las cuales mostraron una TP menor a 0.5, es decir, que más de la mitad de las poblaciones con registros previos se encuentran extintas. Por ejemplo, el tiro chato (*Allotoca dugesii*; figura 1) y el tiro de Zirahuén (*A. meeki*; figura 2) presentaron una TP ≤ 0.5 (cuadro 3), mientras que 14 especies se encontraron parcialmente extintas, ya que mostraron valores TP ≥ 0.5, es decir, que al menos una de las poblaciones desapareció, pero más de la mitad presentaron registros actuales. Sólo nueve especies mostraron un valor de TP = 1.0, lo que indica que no han desaparecido de las localidades en donde se tenían previamente registradas, por lo que se les consideró como especies no extintas (cuadro 3; figuras 3 y 4), todas ellas endémicas (porque se distribuyen

Pedraza-Marrón, C. del R. y G. Palacios-Morales. 2019. Estado de conservación y amenazas a los peces nativos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 447-457.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Estatus de conservación de la ictiofauna amenazada o en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre común	Especie	P	A	Pr
Dulceacuícolas				
Popocha	*Algansea popoche*		•	
Tiro catarina	*Allotoca catarinae*	•		
Chorumo	*A. diazi*	•		
Tiro chato	*A. dugesii*	•		
Charal tarasco	*Chirostoma charari*	•		
Charal de La Barca	*C. labarcae*		•	
Charal boca negra	*C. promelas*		•	
Pejesapo mexicano	*Gobiesox mexicanus*			•
Mexcalpique michoacano	*Hubbsina turneri*	•		
Bagre del Lerma	*Ictalurus dugesii*		•	
Lamprea de Jacona	*Lampetra geminis*	•		
Lamprea de Chapala	*L. spadicea*	•		
Chorumo del Balsas	*Allotoca regalis*	•		
Tiro de dos rayas	*Neotoca bilineata*	•		
Carpita tepelneme	*Notropis moralesi*			•
Topote del Pacífico	*Poecilia butleri*			•
Tiro olivo	*Skiffia lermae*		•	
Tiro pintado	*S. multipunctata*		•	
Picote	*Zoogoneticus quitzeoensis*		•	
Marinos				
Tiburón blanco	*Charcharodon charcharias*		•	
Caballito del Pacífico	*Hippocampus ingens*			•
Ángel real	*Holacanthus passer*			•
Ángel de Cortés	*Pomacanthus zonipectus*			•
Peje peine	*Pristis pristis*		•	

P: en peligro de extinción, A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial.

CUADRO 2. Estatus de conservación de la ictiofauna amenazada o en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Nombre común	Especie	CR	EN	VU	NT
Dulceacuícolas					
Chorumo	*Allotoca diazi*	•			
Charal del Verde	*Chirostoma arge*			•	
Charal prieto	*C. attenuatum*		•		
Charal boca negra	*C. promelas*		•		

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Nombre común	Especie	CR	EN	VU	NT
Mexcalpique de Zempoala	*Girardinichthys multiradiatus*			•	
Mexcalpique michoacano	*Hubbsina turneri*	•			
Mexcalpique cola partida	*Ilyodon whitei*	•			
Lamprea de Chapala	*Lampetra spadicea*	•			
Carpita tepelneme	*Notropis moralesi*	•			
Marinos					
Tiburón blanco	*Carcharodon carcharias*			•	
Mako	*Isurus oxyrinchus*			•	
Tiburón zorro pelágico	*Alopias pelagicus*			•	
Tiburón zorro ojón	*A. superciliosus*			•	
Puntas blancas	*Carcharhinus albimarginatus*			•	
Tiburón cobrizo	*C. brachyurus*				•
Tiburón piloto, jaquetón	*C. falciformis*			•	
Tiburón toro	*C. leucas*				•
Tiburón volador	*C. limbatus*				•
Tiburón gambuso	*C. obscurus*			•	
Tiburón tigre	*Galeocerdo cuvier*				•
Tiburón limón	*Negaprion brevirostris*				•
Cornuda común	*Sphyrna lewini*		•		
Cornuda prieta	*S. zygaena*			•	
Raya eléctrica rayada	*Narcine vermiculatus*				•
Peje peine	*Pristis pristis*	•			
Manta águila	*Aetobatus narinari*				•
Gavilán dorado	*Rhinoptera steindachneri*				•
Manta diablo	*Mobula munkiana*				•
Caballito del Pacífico	*Hippocampus ingens*			•	
Albacora	*Thunnus alalunga*				•

CR: en peligro crítico, EN: en peligro, VU: vulnerable, NT: casi amenazada.
Fuente: UICN 2014.

FIGURA 2. Hembra de tiro de Zirahuén *(Allotoca meeki)*, una especie prácticamente extinta (Domínguez-Domínguez *et al.* 2005). No es considerada en ninguna categoría de riesgo según la NOM-059 o la UICN. Foto: Ivette Marai Villa Villaseñor.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

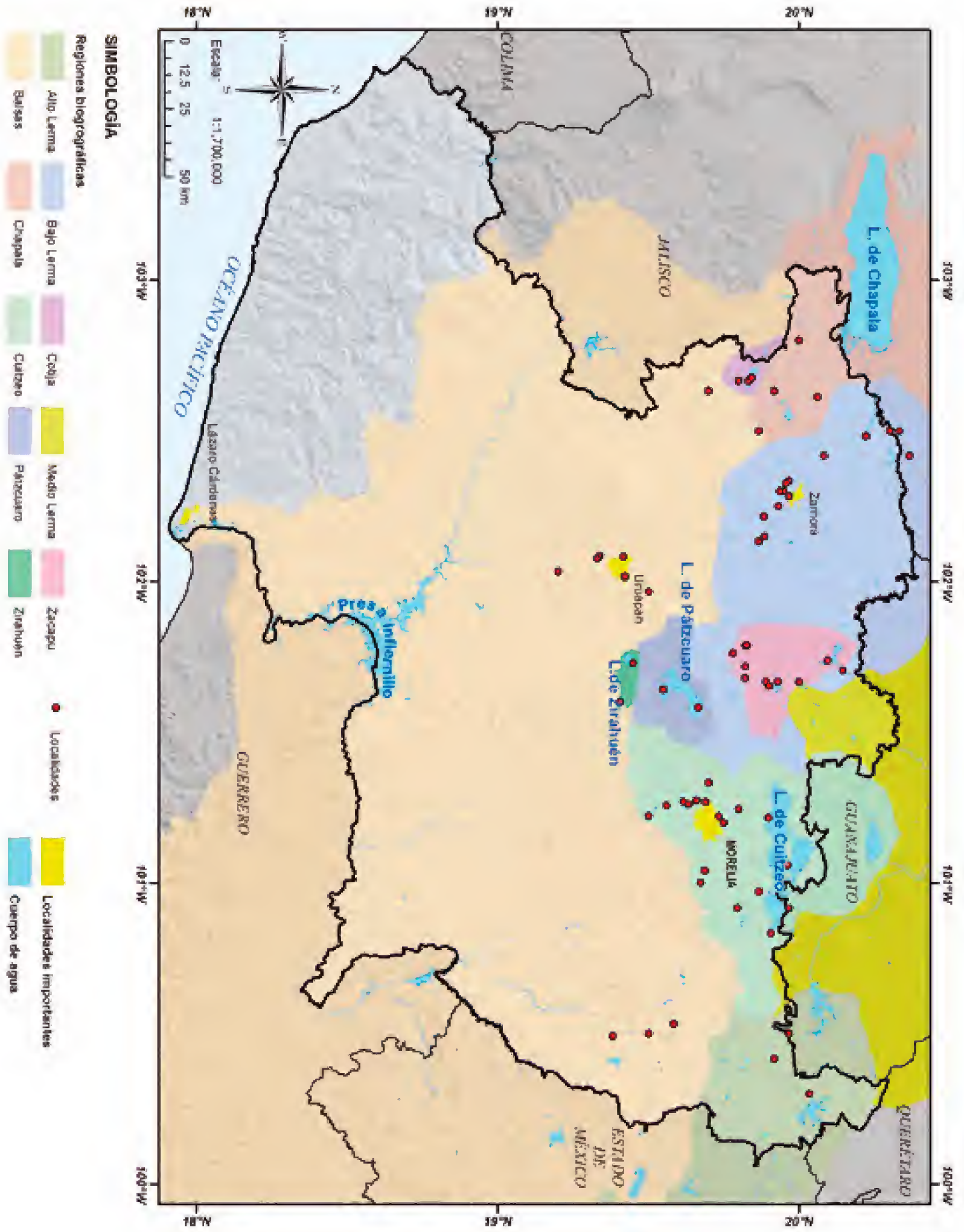


FIGURA 3. Regiones y localidades utilizadas en el estudio de Pedraza-Marrón (2011), corresponden a las regiones biogeográficas propuestas por Domínguez-Domínguez *et al.* (2006*b*) y a las del presente estudio. Fuente: elaboración propia con datos de Pedraza-Marrón 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

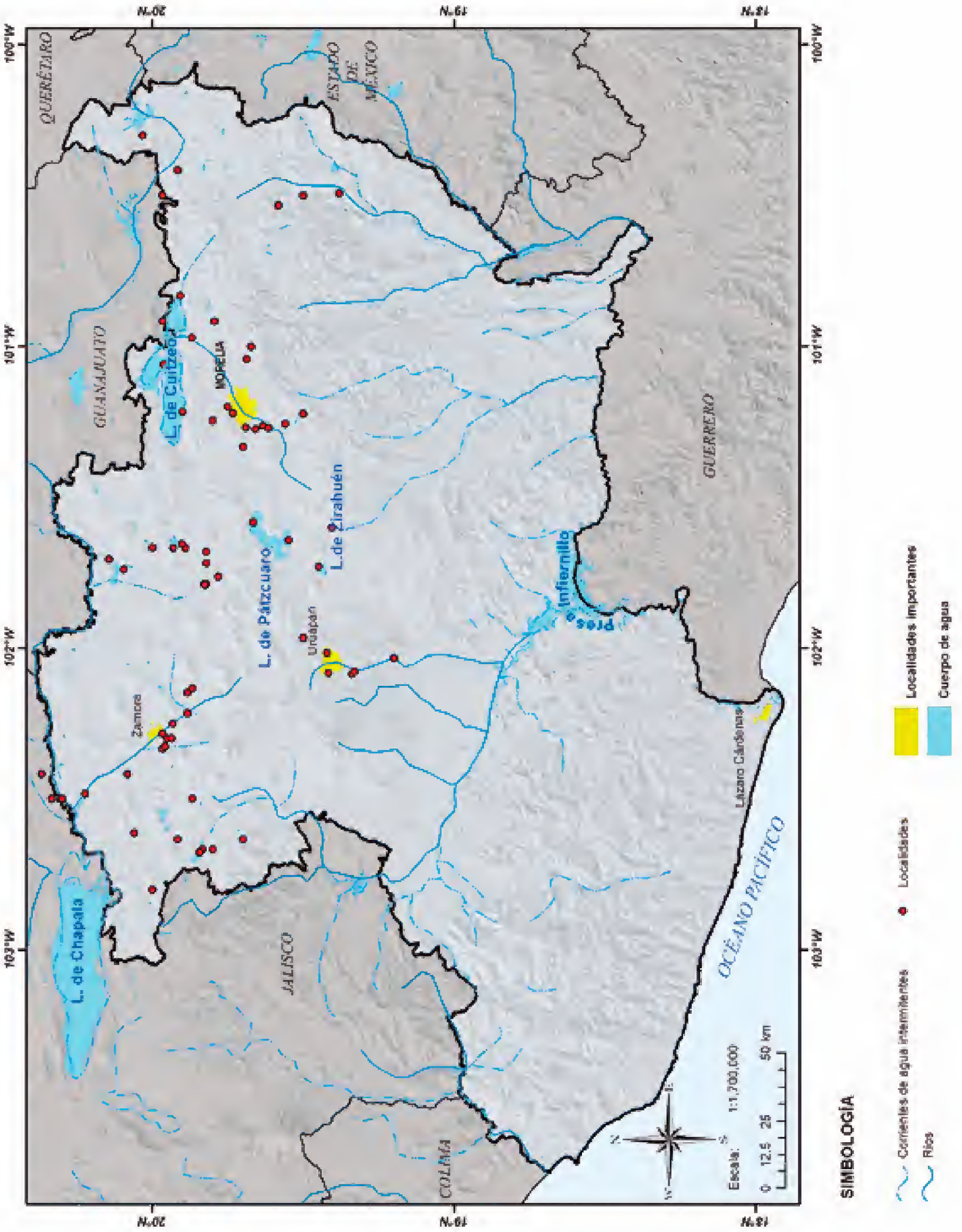


FIGURA 4. Hidrología y localidades muestreadas en el estudio de Pedraza-Marrón (2011). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 5. Manantial Los Bañitos, municipio de Maravatío. La modificación del hábitat con fines recreativos pone en riesgo a las poblaciones de peces de agua dulce. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

solamente en una región) o microendémicas (aquellas restringidas a un cuerpo de agua), por lo que la desaparición en una localidad podría representar la extinción de la especie (Pedraza-Marrón 2011).

La dramática desaparición de las poblaciones nativas es alarmante, ya que incluso algunas especies consideradas abundantes se han perdido en más de 40% de las localidades donde se distribuían de forma natural; por ejemplo, el pupo de Valle (*Algansea tincella*), la chegua (*Alloophorus robustus*), el guatopote del Lerma (*Poeciliopsis infans*) y el tiro (*Goodea atripinnis*; cuadro 3; Pedraza-Marrón 2011).

Actualmente, las zonas más afectadas se encuentran en el bajo, medio y alto Lerma y en los lagos de Chapala y Zirahuén, ubicadas en las provincias fisiográficas Chapala, Sierras y Bajíos Michoacanos, Mil Cumbres y Neovolcánica Tarasca (Cervantes-Zamora *et al.* 1990), donde sólo permanecen cerca de 35% de las poblaciones de especies nativas registradas históricamente.

En las regiones del Balsas y Cuitzeo, localizadas en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Escarpa limítrofe del sur, y Sierras y Bajíos Michoacanos (Cervantes-Zamora *et al.* 1990), se encuentran 50% de las poblaciones nativas registradas históricamente. Mientras que las regiones de Pátzcuaro, humedales de Cotija y Zacapu, en las provincias fisiográficas Neovolcánica Tarasca, Sierras y Bajíos Michoacanos y Chapala (Cervantes-Zamora *et al.* 1990), son las únicas que conservan más de 80% de sus poblaciones históricas (Pedraza-Marrón 2011).

AMENAZAS

La problemática en torno a la desaparición de poblaciones de peces de agua dulce es muy grave, ya que se trata de especies vulnerables a las presiones antropogénicas debido a que se encuentran restringidas a los cuerpos de agua cercanos a poblaciones humanas (De la Vega-Salazar 2003). Por lo tanto, el principal riesgo para los peces de agua dulce es la destrucción del hábitat, ocasionado por un conjunto de factores sinérgicos como la contaminación (debida a las descargas provenientes de la industria, ganadería y agricultura).

Otro impacto importante son las modificaciones por obras hidráulicas, la construcción de presas, bordos y canales para fines de riego, abastecimiento humano o esparcimiento (figura 5), lo que provoca la modificación y destrucción de ríos, arroyos y manantiales, e impide los movimientos verticales de especies migratorias debido a que fragmentan los hábitats.

Por ejemplo, el manantial Los Bañitos (municipio de Maravatío), es el único sitio donde se tiene reportada la presencia de la carpita de Maravatío (*N. marhabatiensis*) y de los pocos lugares donde aún existe el mexcalpique de Zempoala (*Girardinichthys multiradiatus*); no obstante, ha sido modificado para uso recreativo y es usada como lavadero (Domínguez-Domínguez 2013; figura 5).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Tasa de permanencia, registros previos y actuales de peces en Michoacán y del centro del país.

Nombre común	Especie	Michoacán		Centro de México		TP	NE	PE	Ex
		Rp	Ra	Rp	Ra		TP = 1.00	TP > 0.5	TP ≤ 0.5
Acúmara	*Algansea lacustris*	1	1	1	1	1.00	•		
Popocha	*A. popoche*	1	0	4	0	0.00			•
Pupo de Valle	*A. tincella*	30	12	58	17	0.26			•
Chegua	*Alloophorus robustus*	30	14	44	17	0.48			•
Tiro catarina	*Allotoca catarinae*	4	4	4	4	1.00	•		
Chorumo	*A. diazi*	2	2	2	2	1.00	•		
Tiro chato	*A. dugesii*	13	5	23	5	0.27			•
Tiro de Zirahuén	*A. meeki*	2	1	2	1	0.50			•
Tiro del lago de Zacapu	*A. zacapuensis*	1	1	1	1	1.00	•		
Carpita azteca	*Azteculla sallaei*	8	2	29	3	0.10			•
Pintito de Ocotlán	*Chapalichthys encaustus*	7	4	16	7	0.45			•
Pintito de Tocumbo	*C. pardalis*	2	2	2	2	1.00	•		
Pintito de San Juanico	*C. peraticus*	1	1	1	1	1.00	•		
Charal cuchillo	*Chirostoma aculeatum*	3	2	6	2	0.50			•
Charal del Verde	*C. arge*	3	1	13	4	0.29			•
Charal prieto	*C. attenuata*	2	2	2	2	1.00	•		
Charal tarasco	*C. charari*	2	0	2	0	0.00			•
Charal de rancho	*C. consocium*	1	1	4	2	0.67		•	
Pescado blanco	*C. estor*	4	3	3	2	0.75		•	
Charal del lago	*C. grandocule*	1	1	1	1	1.00	•		
Charal de Xochimilco	*C. humboldtianum*	7	4	10	7	0.67		•	
Charal	*C. jordani*	17	10	53	25	0.44			•
Charal de la laguna	*C. lucius*	1	0	2	1	0.50			•
Charal de San Juanico	*C. melanoccus*	2	1	2	1	0.50			•
Charal pinto	*C. patzcuaro*	2	0	2	0	0.00			•
Mojarra del Balsas	*Cichlasoma istlanum*	1	1	7	6	0.92		•	
Mexcalpique de Zempoala	*Girardinichthys multiradiatus*	2	0	20	6	0.31			•
Tiro	*Goodea atripinnis*	42	32	124	77	0.61		•	
Mexcalpique michoacano	*Hubbsina turneri*	8	2	9	2	0.33			•
Bagre del Balsas	*Ictalurus balsanus*	1	0	1	0	0.00			•
Bagre del Lerma	*I. dugesii*	2	0	32	9	0.24			•
Mexcalpique cola partida	*Ilyodon whitei*	4	2	24	15	0.71		•	
Lamprea de Jacona	*Lampetra geminis*	11	6	11	6	0.69		•	
Lamprea de Chapala	*L. spadicea*	3	1	4	1	0.17			•

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Nombre común	Especie	Michoacán		Centro de México		TP	NE	PE	Ex
		Rp	Ra	Rp	Ra		TP = 1.00	TP > 0.5	TP ≤ 0.5
Chorumo del Balsas	*Allotoca regalis*	1	1	1	1	1.00	•		
Tiro de dos rayas	*Neotoca bilineata*	7	3	12	6	0.51		•	
Carpita amarilla	*Notropis calientis*	12	4	26	4	0.15			•
Carpita de Maravatío	*N. marhabatiensis*	1	1	1	0	0.00			•
Topote del Pacífico	*Poecilia butleri*	2	1	14	10	0.56		•	
Guatopote del Lerma	*Poeciliopsis infans*	35	25	96	57	0.56		•	
Matalote Chuime	*Moxostoma austrinum*	11	8	43	24	0.44			•
Dormilón pecoso	*Sicydium multipunctatum*	1	0	4	3	0.75		•	
Tiro olivo	*Skiffia lermae*	10	6	12	7	0.58		•	
Tiro pintado	*S. multipunctata*	9	7	11	7	0.29			•
Pintada	*Xenotoca variata*	19	13	45	25	0.54		•	
Carpa blanca	*Yuriria alta*	10	4	41	12	0.31			•
Picote tarasco	*Zoogoneticus purhepechus*	11	9	29	10	0.21			•
Picote	*Z. quitzeoensis*	13	9	14	10	0.81		•	

TP: tasa de permanencia, Rp: registros previos, Ra: registros actuales, NE: especies no extintas, PE: especies parcialmente extintas, Ex: especies extintas.
Fuente: Pedraza-Marrón 2011.

FIGURA 6. Manantial de Opopeo, municipio de Salvador Escalante, totalmente modificado. Es considerado el último refugio de la especie endémica, tiro de Zirahuén *(Allotoca meeki)*. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

De forma indirecta, el cambio de uso del suelo y la deforestación provocan el arrastre de azolve a los cuerpos de agua, disminuyendo su profundidad y causando problemas en la calidad del líquido, además de mermar la recarga de los mantos freáticos que alimentan los manantiales, recargas que mantienen la salud de muchos sistemas; así es como los humedales de Zacapu y La Mintzita han sido afectados (Contreras-Balderas *et al.* 2003, Domínguez-Domínguez *et al.* 2006*a*).

Por otro lado, la sobreexplotación de algunas especies de alto valor comercial, como el pez blanco y los charales (*Chirostoma* spp.; Orbe-Mendoza *et al.* 2002), es otra fuente de amenaza constante (véase Causas de la disminución de poblaciones de peces: el caso del pez blanco (*Chirostoma estor*) del lago de Pátzcuaro, en esta obra).

Otro factor que ha propiciado la disminución de poblaciones de especies nativas es la introducción de especies exóticas y sus parásitos, considerada una de las principales causas de extinción en el mundo (Zambrano y Macías-García 2000, Tapia y Zambrano 2003, Aguilar 2005; veáse Peces introducidos, en esta obra).

Como ejemplo se puede mencionar la introducción de la lobina (*Micropterus salmoides*) en el lago de Zirahuén (municipio Salvador Escalante) y de Camécuaro (municipio de Tangancícuaro), sitios en los que se reportaban siete y nueve especies nativas, respectivamente (Pedraza-Marrón 2011). En el lago de Zirahuén se han perdido las cinco especies de goodeidos que se tenían registradas para el vaso lacustre (Pedraza-Marrón 2011).

En Manantial de Opopeo, único sitio donde algunas especies se refugiaban (figura 6), incluyendo la endémica tiro de Zirahuén (*A. meeki;* figura 2), en los últimos años fue sembrado con lobina, poniendo en grave riesgo de extinción a esta especie endémica.

En el lago de Camécuaro quedan tres especies nativas (Pedraza-Marrón 2011), e irónicamente la lobina es protegida por la administración del parque, lo que deja de manifiesto que, si bien la actual política pesquera de introducción de especies tiene como principal objetivo solventar los problemas de hambre y pobreza, en algunos casos ha provocado la pérdida de diversidad nativa y el subsecuente colapso ambiental.

FIGURA 7. Individuos de raya látigo (*Dasyatis longus*) y crías de la cornuda común *(Sphyrna lewini)*, en peligro de extinción de acuerdo con la UICN (2014). A las hembras de la cornuda común se les cortan las aletas y son desechadas al mar de Caleta de Campos, municipio de Lázaro Cárdenas. Foto: Salvador Romero Gallardo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

PECES ESTUARINOS Y MARINOS

De las 412 especies registradas en la zona marina (apéndice 49) sólo cinco se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 21 especies en la lista roja de la UICN (2014). Mientras que de las 89 especies nativas registradas en la Llanura Costera y los estuarios, sólo dos se enlistan en la Norma Oficial Mexicana y una en la lista roja de la UICN, lo cual da un panorama sobre el desconocimiento del estado de conservación en el que se encuentran las especies de la costa.

AMENAZAS

Las principales amenazas que afectan a los peces estuarinos son: la contaminación que se genera en la parte alta de las cuencas de los ríos y que finalmente llega y se deposita en los estuarios; la destrucción de la cobertura vegetal (manglar) a pesar de existir legislación que lo prohíbe (NOM-022-SEMARNAT-2003); el desbalance en el flujo de agua marina y dulce por la apertura o cierre artificial de las bocas, esto debido a la realización de obras o el uso de agua para riego en las partes altas; y el crecimiento de la mancha urbana, como el caso de la desembocadura del río Balsas, que ha sido transformada en uno de los puertos más grandes del país y la construcción de carreteras, lo cual genera desechos de material de construcción por los acantilados hacia el litoral.

En el caso de los peces marinos las amenazas aún no son claras, ya que no existen trabajos enfocados a ese aspecto; sin embargo, la sobreexplotación de algunos recursos, como los tiburones, es evidente; por ejemplo, la pesca de juveniles de cornuda común (*Sphyrna lewini*), especie utilizada para la obtención de aleta (Romero-Gallardo, 2013), que si bien en la costa no se consume es exportada fuera del estado e incluso del país.

La viabilidad de algunas poblaciones de rayas, como la raya redonda (*Urotrygon rogersi*) y la guitarra punteada (*Rhinobatos glaucostigma*), que son pescadas en estado grávido (figura 7), además de poblaciones de pargos, meros y huachinangos, pueden estar en riesgo debido a la intensidad de la pesca artesanal sobre estas especies (Romero-Gallardo 2013).

De igual forma, la extracción no regulada de especies de importancia ornamental, como el caballito de mar del Pacífico (*Hippocampus ingens*), el pez ángel real (*Holacanthus passer*; figura 8) y el ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*) puede poner en riesgo sus poblaciones y las de otras especies que se alimentan de o son consumidas por ellas.

FIGURA 8. Pez ángel real (*Holacanthus passer*), especie extraída con fines ornamentales y sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

CONCLUSIONES

Las principales amenazas para este grupo de organismos están ligadas a las actividades humanas que modifican el medio ambiente en el que habitan y a la sobreexplotación de los recursos naturales acuáticos. A lo anterior se suma el desconocimiento de la situación actual en la que se encuentran las poblaciones nativas.

Se considera que la Norma Oficial Mexicana está muy lejos de mostrar un panorama real del riesgo de extinción de las especies de peces en el estado, por lo anterior, es necesario considerar los siguientes aspectos: 1) evaluar el estado de conservación en el que se encuentran las especies nativas, sobre todo aquellas que tienen una distribución restringida, dado que sus poblaciones son más susceptibles a la desaparición; 2) crear refugios y la restauración de hábitats que poseen alta diversidad de especies nativas y endémicas, para la supervivencia de sus poblaciones; 3) hacer cumplir la legislación existente para evitar la liberación de especies exóticas a los cuerpos de agua, la modificación de los ambientes acuáticos, así como la contaminación de los cuerpos de agua ocasionada por los desechos producidos a partir de las actividades humana; y 4) evitar la sobreexplotación de recursos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

acuáticos, para mantener un acervo genético que permita a las poblaciones sobrevivir y enfrentar los cambios ambientales.

En específico, para los peces marinos es necesario: 1) crear zonas de exclusión pesquera que permitan la conservación de la diversidad íctica y, al mismo tiempo, que sirvan como semillero de especies de importancia comercial; y 2) difundir entre la sociedad humana la importancia, diversidad y situación crítica en la que se encuentran las especies, así como las consecuencias negativas que tienen las actividades humanas, para promover una cultura de respeto y cuidado de los recursos naturales acuáticos, aspecto importante de considerar no sólo para los recursos marinos, sino también para los dulceacuícolas y estuarinos.

REFERENCIAS

Aguilar, V. 2005. Especies invasoras: una amenaza para la biodiversidad y el hombre. *Biodiversitas* 60:7-10.

Cervantes-Zamora, Y., S.L. Cornejo-Olguín, R. Lucero-Márquez *et al.* 1990. Provincias fisiográficas de México. Clasificación de regiones naturales de México II, IV.10.2. En: *Atlas nacional de México. Vol. II.* Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía-UNAM, México.

Contreras-Balderas, S., P. Almada-Villela, M. de L. Lozano-Vilano y M.E. García-Ramírez. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:241-251.

De la Vega-Salazar, M.Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* 72:20-30.

Domínguez-Domínguez, O. 2013. Profesor investigador de la UMSNH. Comunicación personal, enero.

Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva, J. Lyons y H. Grier. 2005. The viviparous goodeid fishes. En: *Viviparous fishes*. M.C. Uribe-Aranzabal y H. Grier (eds.). New Life Publications, Florida, pp. 325-269.

Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano-González y G. Pérez-Ponce de León. 2006*a*. Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: live-bearing fishes in central Mexico. *Conservation Biology* 20:1730-1739.

Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio y G. Pérez-Ponce de León. 2006*b*. Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary brooks parsimony analysis (BPA). *Journal of Biogeography* 33:1437-1447.

Domínguez-Domínguez O., L. Zambrano, L. H. Escalera-Vázquez *et al.* 2008. Cambio en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:501-512.

Orbe-Mendoza, A.A., J. Acevedo-García y J. Lyons. 2002. Lake Pátzcuaro fishery management plan. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:207-217.

Madrigal-Guridi, X. 2006. *Distribución espacial y temporal de la ictiofauna del estero de Santa Ana, Michoacán, México.* Tesis de maestría en ciencias biológicas (biología ambiental). UNAM, México.

Pedraza-Marrón, C. 2011. *Cambio en la distribución de los peces de agua dulce del centro de México y sus posibles causas antropogénicas.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Romero-Gallardo, S. 2013. *Listado sistemático de la captura artesanal de peces de la costa michoacana.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Tapia, M. y L. Zambrano. 2003. From aquaculture goals to real social and ecological impacts: carp introduction in rural central Mexico. *Ambio* 32:252-257.

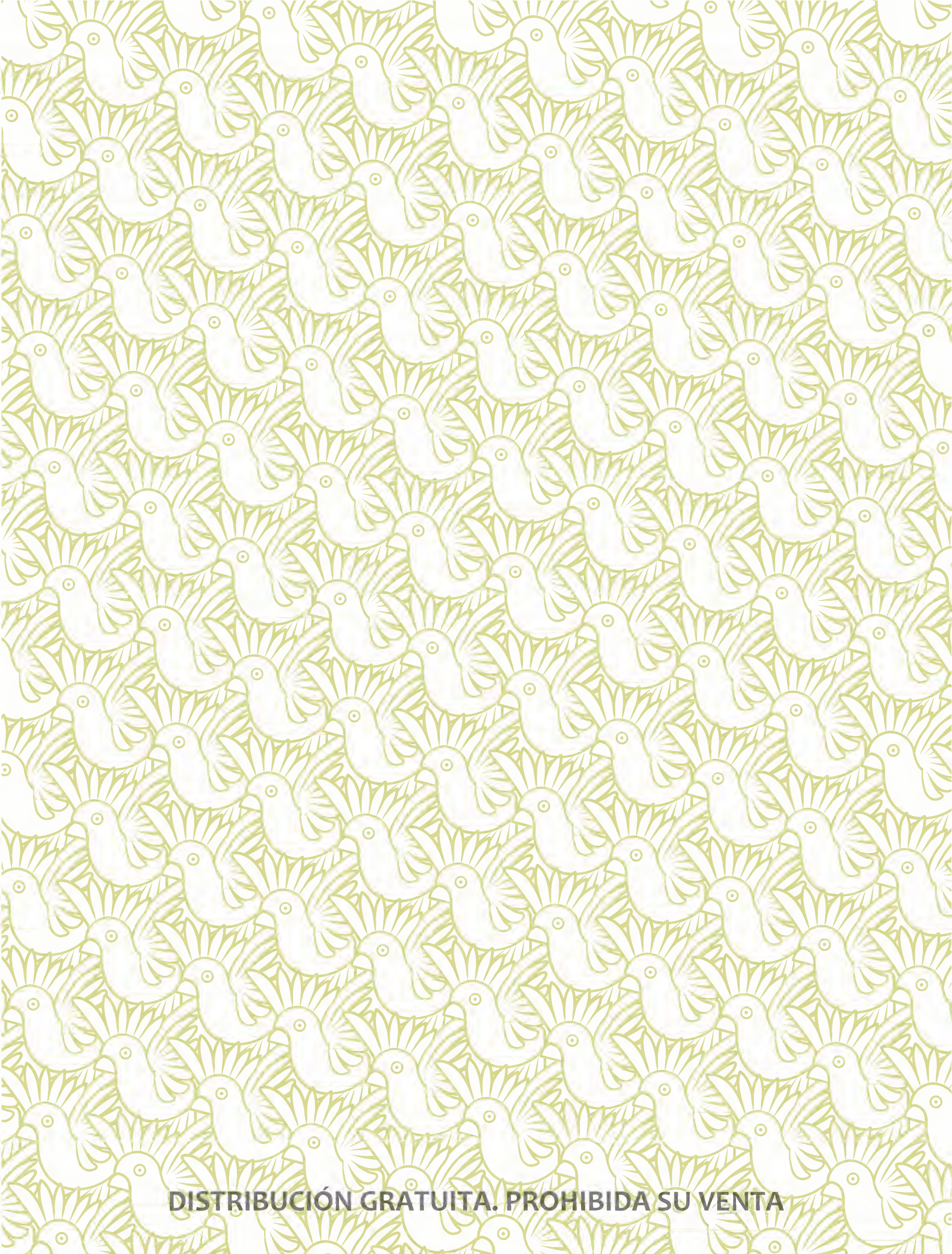
SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Soto-Galera, E., E. Díaz-Pardo, E. López-López y J. Lyons. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the río Lerma Basin, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1:267-276.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2011. *Evarra bustamantei.* IUCN Red List of Threatened Species version 2010.4. En: *<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/8431/0>,* última consulta: 24 de septiembre de 2014.

Zambrano, L. y C. Macías-García. 2000. Impact of introduced fish for aquaculture in Mexican freshwater systems. En: *Nonindigenous freshwater organisms.* R. Claudi y J.H. Leach (eds.). Lewis Publishers, EUA, pp. 113-124.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Causas de la disminución de poblaciones de peces: el caso del pez blanco (*Chirostoma estor*) del lago de Pátzcuaro

MARTINA MEDINA NAVA, DANIEL HERNÁNDEZ MONTAÑO Y JUAN PABLO RAMÍREZ HERREJÓN

INTRODUCCIÓN

En México, las especies de peces presentes en los diversos lagos y presas han participado históricamente en el desarrollo económico de las poblaciones establecidas alrededor de éstos (García y De Lanza 2002, Gaspar-Dillanes y Hernández-Montaño 2013). Los cuerpos de agua en Michoacán han sufrido, en mayor o menor proporción y de acuerdo con el tipo de uso, cambios en sus hábitats y disminución de la calidad del agua, lo cual ha impactado de forma grave en las poblaciones de peces. Existe otro factor que ha propiciado el deterioro de las poblaciones en esos ecosistemas, la sobreexplotación (Lyons *et al.* 1998). Aunado a lo anterior, en el aspecto social no se han tomado en cuenta los reglamentos y acuerdos para evitar el deterioro ambiental (Esteva y Reyes 2006), uno de los ejemplos más claros en la entidad es el caso del pez blanco (*Chirostoma estor*) en el lago de Pátzcuaro (Barbour 1973, Ramírez-Herrejón *et al.* 2014).

El nombre de pescado blanco o pez blanco se le ha dado a las especies del género *Chirostoma* (Barbour 1973), que ahora alcanzan tallas mayores de 15 cm de longitud (García de León y Pérez-Velázquez 1996); cabe mencionar que su talla, en la década de los sesentas, era por arriba de los 40 cm de longitud (Rosas 1970, 1976). Desde la década de los noventa son escasos los estudios sobre la ecología del pescado blanco en el lago de Pátzcuaro. Se clasifica como un carnívoro depredador con una marcada tendencia a alimentarse de estadios larvarios de sus congéneres (García de León *et al.* 2014) y que depende de la transparencia del agua para acceder a su alimento (Rosas 1976, García de León 1984). Además, tiene la capacidad de alimentarse en distintos tipos de hábitat, por ejemplo, en la columna de agua se alimenta de zooplancton; en la zona litoral de larvas de insectos y peces juveniles; y en el fondo del lago de ostrácodos (García de León *et al.* 2014). Necesita de un hábitat reproductivo altamente específico, que es representado por zonas someras en las orillas del lago, consideradas zonas de humedal con profundidad máxima de 2 m y con densidades altas de plantas acuáticas arraigadas sumergidas (García de León 1984).

LA PESQUERÍA DEL LAGO DE PÁTZCUARO

En esta zona la pesquería se considera multiespecífica, lo que conlleva el uso de diversas artes en la pesca que provocan interdependencias tecnológicas, es decir, el uso de diferentes insumos para la construcción, así como de estrategias de captura (Berlanga-Robles *et al.* 2002, Orbe-Mendoza *et al.* 2002, SAGARPA 2006). En este cuerpo de agua se han registrado diversas especies que son importantes en la pesca comercial y para el consumo local, entre las que se cuentan especies nativas como la acúmara (*Algansea lacustris*), los tiros (*Goodea atripinnis*), la chehua (*Alloophorus robustus*), y de mayor demanda los charales y el pez blanco (*Chirostoma* spp.); además de especies introducidas, como la carpa común o carpa barrigona (*Cyprinus carpio*) y la carpa dorada o viborilla (*Carassius auratus*), la trucha o lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la tilapia (*Oreochromis* spp.; Medina-Nava *et al.* 2000, Medina-Nava 2003*b*, Alarcón-Chaires 2013).

Por su valor comercial, la especie objetivo solía ser el pez blanco, que de acuerdo con Rojas y Sasso (2005) su precio ha sido ocho veces mayor (200 pesos el kilo), en comparación con otras especies como el charal (25 pesos el kilo), la tilapia (15 pesos el kilo) o la carpa (5 pesos el kilo). Cabe mencionar que hoy las especies objetivo son principalmente la carpa común y la tilapia (Ramírez-Herrejón *et al.* 2014).

La diversificación de la pesquería en el lago de Pátzcuaro permite distinguir tres grupos de pescadores que hacen uso de los recursos del lago, para autoconsumo y ocasionalmente comercial. El primer grupo se caracteriza por la captura de especies de talla pequeña, donde dominan los charales y utilizan tanto redes agalleras como de cerco. El segundo grupo lo representan pescadores que capturan especies exóticas (carpa, tilapia y lobina) y que utilizan redes agalleras, de cerco y, en algunos casos, líneas de anzuelo. El tercer grupo y de mayor importancia captura pez blanco y acúmara, que son los de mayor talla (>15 cm de longitud total) y las redes que utilizan son agalleras y de cerco. Esta

Medina-Nava, M., D. Hernández M. y J.P. Ramírez-Herrejón. 2019. Causas de la disminución de poblaciones de peces: el caso del pez blanco (*Chirostoma estor*) del lago de Pátzcuaro. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 459-462.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

estructura en la organización de pescadores puede asociarse con los cambios en la composición de la captura comercial, ya que después de depender culturalmente de las especies nativas ahora han incorporado especies exóticas con el potencial de afectar a los peces nativos, incluso propiciar cambios en la distribución y abundancia, incluyendo la del pez blanco (Berlanga-Robles *et al.* 1997, Lyons *et al.* 2000, Berlanga-Robles *et al.* 2002). En ese sentido, se ha documentado la depredación de crías y juveniles del pez blanco por la llamada trucha de Pátzcuaro (*Micropterus salmoides*; García de León 1984), y la posible depredación de los huevecillos por parte de la carpa (Rojas y Sasso 2005).

AMENAZAS Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

En los últimos años, el aprovechamiento del pez blanco ha disminuido de manera importante y se cree que eso está ligado a la disponibilidad del recurso y a la falta de registro en las capturas oficiales. Los datos de las diferentes dependencias oficiales, en relación a su captura, a partir de 1981 indican que se ha precipitado; por ejemplo, CONAPESCA (2010) reporta para 1990 la captura de 42 t, para 1994 de nueve y que los años siguientes continuaron a la baja hasta obtener un registro de cero para el año 2003 (figura 1). De acuerdo con esos registros se puede argumentar el colapso de la pesquería (SAGARPA 2006). Esos datos coinciden con lo reportado por diversas investigaciones, como las de Lyons *et al.* (2000), Berlanga-Robles *et al.* (2002), Rojas y Sasso (2005) y Ramírez-Herrejón *et al.* (2014) en cuanto a la disminución de las poblaciones de esa especie. Tomando como ejemplo a Medina-Nava (2003*a*), quien menciona que en el sitio cercano a la isla de Uranden (isla interior del lago de Pátzcuaro) se recolectó un total de 200 individuos en dos épocas (lluvia y secas), y ocho años después Mar (2011) registró la recolecta de un sólo individuo en seis sitios (zona centro, norte y sur) del lago, durante un ciclo anual, es válido pensar en la disminución de las poblaciones de esa especie.

Por otra parte, es importante mencionar que han ocurrido diversos eventos de orden social y de organización de los pescadores con las instancias gubernamentales. Al ocurrir la primera caída de la pesquería, entre 1990 y 1994 (figura 1), en la cual el mayor volumen provenía de la captura con redes de cerco (arte de pesca no selectivo), la Secretaría de Pesca a través del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) concilió con los pescadores la posibilidad de disminuir en cantidad las redes de cerco hasta su vida útil. Se logró firmar un acuerdo, sin embargo, no tuvo el impacto deseado y los pescadores comenzaron a dejar de declarar la captura. Un segundo evento ocurrió entre 1996 y 1999, cuando la entonces SEMARNAP publicó un periodo de veda para la captura del pez blanco del lago de Pátzcuaro (Orbe-Mendoza *et al.* 2002, Rojas y Sasso 2005, García Villanueva 2007), lo cual provocó la inconformidad por parte del sector pesquero y, en consecuencia, una fractura con la oficina de pesca de Pátzcuaro. Desde entonces, de las 26 uniones de pescadores sólo cuatro se encuentran vigentes, incluso en tiempos recientes no existen pobladores cuya actividad económica principal sea la pesca (Ramírez-Herrejón *et al.* 2014). Ese aspecto ha conducido a tomar con reservas

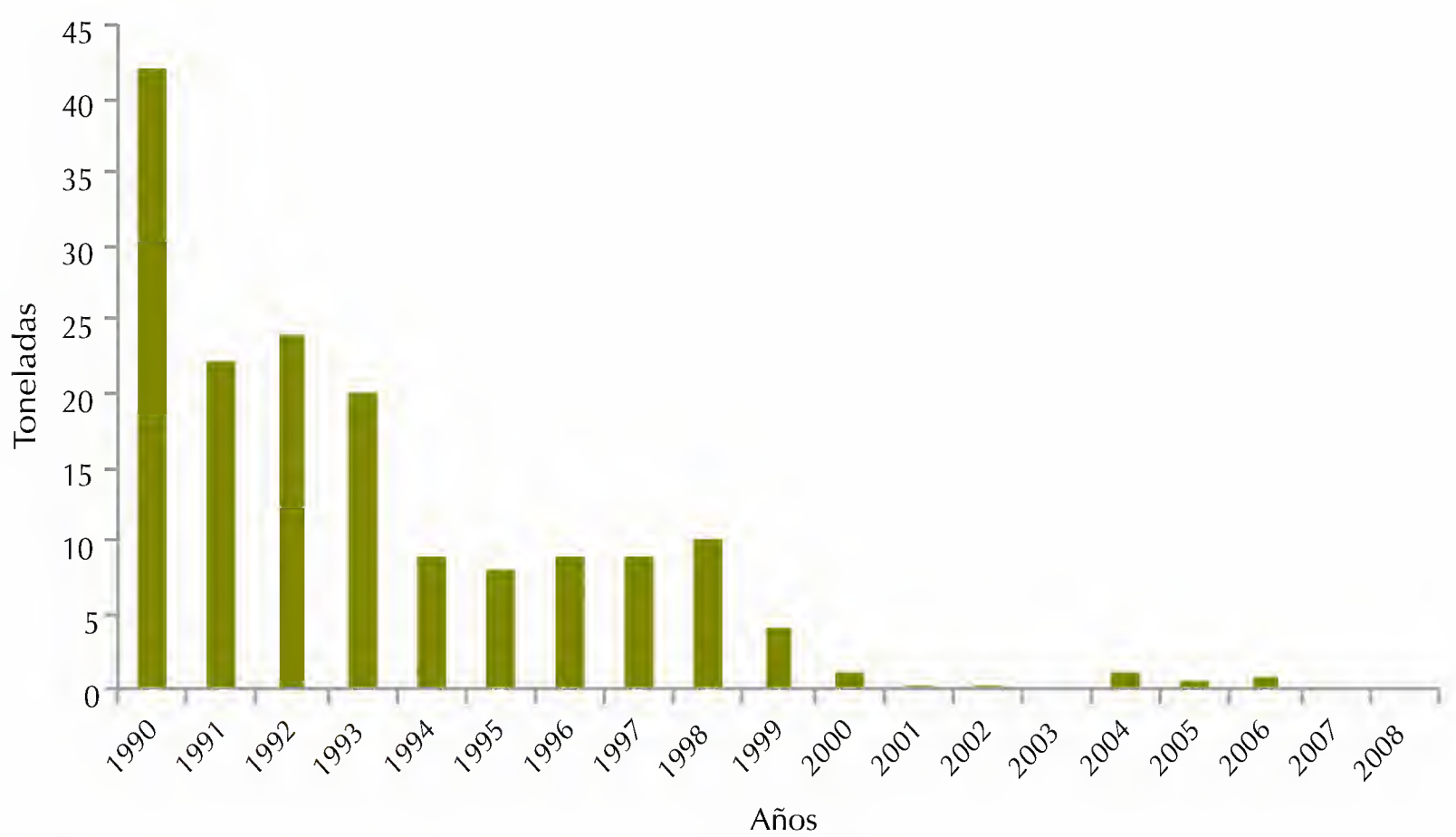


FIGURA 1. Captura de pez blanco (*Chirostoma estor*) en el lago de Pátzcuaro. Fuente: CONAPESCA 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

las estadísticas o tendencias que se presentan como datos oficiales en las diferentes instituciones gubernamentales; pese a ello, hay concordancia entre esos datos y los que aportan diferentes investigadores, más aún, se tienen los testimonios de los pescadores, como lo presentó Vásquez (2003).

Los usuarios del recurso pesquero, y particularmente los que capturan a esta especie, que provienen de diferentes localidades asentadas en la zona lacustre, mencionan una disminución en abundancia, talla y peso de la especie; además de la problemática al introducir especies exóticas como la carpa y la lobina negra. Ello coincide con datos de publicaciones en diferentes décadas que han aportado información con respecto a la disminución en abundancia y talla del pez blanco (Berlanga-Robles *et al.* 1997, Lyons *et al.* 2000, Berlanga-Robles *et al.* 2002, Orbe *et al.* 2002, Mar 2011, Ramírez *et al.* 2014).

Tomando en consideración lo anterior, se llega a la conclusión de que debe incluirse en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, eso no ha resultado así. Considerar clasificarla en alguna categoría tiene consecuencias de orden social y económico, ya que restringe su uso comercial; ejemplo de lo que puede ocurrir es lo que sucedió cuando se propuso veda en 1996-1999, ocurriendo un movimiento social de los usuarios en contra de las medidas reglamentarias.

CONCLUSIONES

En resumen, las posibles causas que se atribuyen a la disminución de pescado blanco y otras especies nativas de importancia económica son: la sobrepesca; la introducción de especies invasoras; el cambio en la calidad del agua y la disponibilidad de hábitat, debido principalmente a las actividades antrópicas que se llevan a cabo en toda la cuenca (Israde 2006, Ramírez *et al.* 2014).

Esas causas están relacionadas directa o indirectamente con el uso de los recursos a nivel de cuenca, creando una sinergia con los disturbios (impactos) antrópicos, lo que ha resultado en la pérdida de ese valioso recurso biótico en el lago. A pesar del conocimiento que tiene la cultura purépecha respecto del uso de sus recursos naturales (Alarcón-Chaires 2013), los pobladores de la ribera del lago de Pátzcuaro se han visto forzados a la búsqueda de alternativas económicas, que no necesariamente son sustentables debido a la falta de percepción de la problemática real de la cuenca (Esteva y Reyes 2006, Vargas 2006).

Por lo anterior, es necesario realizar talleres que involucren la participación de la población local y de representantes de los tres niveles de gobierno, donde se aclare que la pesquería de pez blanco ha colapsado y que es necesario evitarla ya que es un problema también a nivel poblacional.

Además, es imperativo conocer las zonas del lago de Pátzcuaro donde hoy se localizan poblaciones genéticamente sanas y desarrollar propuestas para su manejo y conservación. En ese sentido, es urgente incentivar la investigación científica que permita desarrollar estrategias de rehabilitación de las zonas de litoral del lago de Pátzcuaro que representan hábitats clave para la recuperación de las poblaciones de pez blanco.

Finalmente, es inaplazable que los tomadores de decisiones del gobierno mexicano pidan la opinión de los académicos que han desarrollado investigaciones en el lago. Ese hecho permitirá implementar acciones correctas para conservar los procesos ecológicos, de los cuales depende no solo el pez blanco sino todos los grupos biológicos del lago de Pátzcuaro.

REFERENCIAS

Alarcón-Chaires, P. 2013. *Etnoecología de los indígenas P´urhépecha. Una guía para el análisis de la apropiación de la naturaleza*. CONACYT, Morelia.

Barbour, C.D. 1973. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson (Pisces, Atherinidae). *Tulane Studies in Zoology and Botany* 18:97-143.

Berlanga-Robles, C., A. Ruiz, M.R. Nepita y J. Madrid. 1997. Estabilidad y diversidad de la composición de peces del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Revista de Biología Tropical* 45(4):1553-1558.

Berlanga-Robles, C., V.J. Madrid y A. Ruiz. 2002. Fish abundance and trophic structure from the commercial catch in Lake Pátzcuaro, Mexico. *Hydrobiologia* 467:117-122.

Bernal-Brooks, F.W., T.R. Gómez y J. Alcocer. 2002. Lake Pátzcuaro (Mexico): a controversy about the ecosystem water regimen approached by field references, climatic variables, and GIS. *Hydrobiologia* 467:187-197.

Bloom, D.D., K.R. Piller, J. Lyons *et al.* 2009. Systematics and biogeography of the silverside tribe Menidiini (Teleostomi: Atherinopsidae) based on the mitochondrial ND2 gene. *Copeia* 2009:408-417.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2010. Anuario estadístico de Acuacultura y Pesca. En: *<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario2010>*, última consulta: 2 de septiembre de 2014.

Esteva, J. y J. Reyes. 2006. Obstáculos para la sustentabilidad regional en Pátzcuaro. En*: Aguas y lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local*. G.P. Ávila (coord.). Gobierno del Estado de Michoacán, México, pp. 227-242.

García de León, F.J. 1984. *Ecología pesquera, alimentación y ciclo gonádico de Chirostoma estor* Jordan y *Micropterus salmoides* Lacépede*, en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León.

García de León, F.J., y Pérez-Velázquez, H. 1996. Aspectos poblacionales de *Chirostoma estor* Jordan (pescado blanco) y *Micropterus salmoides* Lacépede (lobina negra) en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Cuadernos Mexicanos de Zoología* 2:31-39.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

García-De-León, F.J., J.P. Ramírez-Herrejón, R. García-Ortega y D.A. Hendrickson. 2014. Foraging patterns of four sympatric species of silversides in lago de Pátzcuaro, Central Mexico. *Cuadernos de Investigación* UNED 6(1):127-139.

García Calderón, J.L. y G. De la Lanza-Espino. 2002. Las aguas epicontinentales de México. En: *Lagos y presas de México*. G. De la Lanza-Espino y J.L. García-Calderón (eds.). Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 6-33.

García-Villanueva, N.H. (ed.). 2007. *Memoria ilustrada del Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Avances 2003-2007.* Fundación Gonzalo Río Arronte/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (FGRA/IMTA), México.

Gaspar-Dillanes, M.T. y D. Hernández-Montaño. 2013. La pesca continental. En: *Pesquerías continentales de México*. M.T. Gaspar-Dillanes y D. Hernández-Montaño (eds.). Instituto Nacional de la Pesca, México, pp. 9-14.

Israde, I. 2006. Reconocimiento de las fuentes de contaminación en el lago de Pátzcuaro y análisis de metales pesados de las principales descargas: datos preliminares. En: *Agua y lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local.* G.P. Ávila (coord.). Gobierno del Estado de Michoacán, México, pp. 227-242.

Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera y M. Guzmán-Arroyo. 1998. Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west central Mexico. *Fisheries* 23:10-18.

Lyons, J., H.A. Gutiérrez, E. Díaz-Pardo *et al.* 2000. Development of preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central México. *Hydrobiologia* 418:57-72.

Mar, S.V. 2011. *Variación espacio-temporal de la comunidad de peces en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Medina-Nava, M. 2003*a*. *Utilización del Índice de Integridad Biótica (IIB) para determinar áreas de conservación de peces en la cuenca Lerma-Chapala en Michoacán.* Tesis de maestría institucional en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Medina-Nava, M. 2003*b*. Peces de agua dulce y salobre. En: *Atlas geográfico del estado de Michoacán.* G. Correa, F. Vargas, J.S.L. Bravo *et al.* (eds.). Secretaría de Educación Pública en Michoacán/UMSNH/EDDISA, México, p. 308.

Medina-Nava, M., A. Osorio y O. Domínguez. 2000. Peces. En: *Catálogo de la biodiversidad de Michoacán.* UMSNH/SEDUE, Morelia, pp. 247-249.

Orbe-Mendoza, A.A., J. Acevedo-Mendoza y J. Lyons. 2002. Lake Pátzcuaro fishery management plan. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:207-217.

Ramírez-Herrejón, J.P., L. Zambrano, N. Mercado-Silva *et al.* 2014. Long term changes in the fish fauna of lago de Pátzcuaro in Central Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42(1):137-149.

Rojas, P.M. y L.F. Sasso. 2005. Pescado blanco. En: *<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art80/ago_art80.pdf>,* última consulta: 11 de septiembre de 2014.

Rosas, M.M. 1970. *Pescado blanco (Chirostoma estor), su fomento y su cultivo en México.* Secretaría de Industria y Comercio, México.

——. 1976. *Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo.* Instituto Nacional de Pesca, México.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2006. Carta Nacional pesquera. En: *<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de pesca>,* última consulta: 11 de septiembre de 2014.

Vargas, S. 2006. Cultura del agua y sociedad en la recuperación del lago de Pátzcuaro. En: *Agua y lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local.* G.P. Ávila (coord.). Gobierno del Estado de Michoacán, México, pp. 227-242.

Vásquez, G.A. 2003. Testimonios. En*: Historia y avances del cultivo del pescado blanco.* P.M. Rojas y D. Fuentes (coords.). SAGARPA/INAPESCA, México, pp. 239-257.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Importancia y aprovechamiento de los peces marinos

GEORGINA PALACIOS MORALES Y SALVADOR ROMERO GALLARDO

INTRODUCCIÓN

Una de las actividades primordiales para las comunidades que habitan la costa de Michoacán es la pesca artesanal o ribereña, ya que genera un importante número de empleos y beneficia de forma directa a las familias de más de 1 500 pescadores (Alcalá *et al.* 2003). Esta actividad se desarrolla principalmente para consumo local y en pocas ocasiones se comercializa fuera del estado, lo cual ha arrojado una derrama económica importante para los habitantes de la zona. La pesca ribereña está sustentada por una amplia variedad de organismos (moluscos, crustáceos y peces), de los cuales el grupo de los peces es el más explotado por su abundancia y diversidad.

FIGURA 1. Varias especies producto de la pesca con palangre. Foto: Salvador Romero Gallardo.

Los pescadores están organizados en 53 agrupaciones, entre cooperativas (grupo de oficio que se conforma bajo condiciones de prosperidad y asistencia oficial), uniones de pescadores y otro tipo de sociedades (pescadores sin registro), sólo un mínimo porcentaje trabaja para permisionarios (Alcalá *et al.* 2003, Marín 2007). La flota está compuesta de embarcaciones pequeñas, con autonomía limitada para la navegación (fabricadas de fibra de vidrio y equipadas con motores fuera de borda con potencia de 40 a 75 hp), carece de equipo para el almacenamiento del producto de la pesca y posee una deficiente infraestructura para su desarrollo, por lo que diariamente desembarcan en distintos puntos del litoral (Marín 2007). Se utilizan diversas artes de pesca como líneas y anzuelos, atarrayas, trasmallos, cimbras y arpón. La captura es multiespecífica (figura 1) y los productos son valorados de acuerdo con la mayor o menor demanda cualitativa y cuantitativa de las especies, por lo cual se clasifica en función del beneficio económico que proveen a los pescadores (Romero-Gallardo 2014).

DIVERSIDAD

Se tiene un registro de 412 especies marinas en el litoral de la entidad (apéndice 49), de las cuales únicamente 275 (67.23%) pueden agruparse en diferentes categorías de acuerdo con su uso y aprovechamiento en las costas del estado (Palacios-Morales 2012, Romero-Gallardo 2014; cuadro 1). El primer grupo está compuesto por especies consideradas de primera calidad, debido a su alto valor comercial.

En ese grupo se encuentran 11 especies (2.68%) y entre las más cotizadas se considera el dorado (*Coryphaena hippurus*; figura 2a) y el gallo (*Nematistius pectoralis*; figura 2b), dos especies consideradas también para pesca deportiva; los huachinangos y los pargos (*Lutjanus* spp., figura 2c y d), así como especies estacionales que alcanzan grandes tallas, como las chernas (*Lobotes pacificus*) y los meros (*Epinephelus* spp., figura 3).

El segundo grupo se compone por especies consideradas de segunda calidad debido a su menor costo en el mercado, alcanza las 100 especies (24.44%), entre las que se pueden mencionar los roncos (Haemulidae; figura 4), algunos pargos y huachinangos (Lutjanidae), verrugatas y corvinas (Sciaenidae) y tiburones (Carcharhinidae).

Existe un tercer grupo en el que se encuentran algunas especies de escaso valor comercial, está compuesto por seis especies (1.46%). Dentro de esa categoría se encuentran los jureles, cocineros (Carangidae; figura 5) y barriletes (*Euthynnus lineatus*), especies que por su bajo valor en ocasiones son desechadas por los pescadores;

Palacios-Morales, G. y S. Romero-Gallardo. 2019. Importancia y aprovechamiento de los peces marinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 463-468.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Especies agrupadas en las diferentes categorías, de acuerdo con su uso y aprovechamiento en el litoral de Michoacán.

Categoría de uso y aprovechamiento	Número de especies	Porcentaje (%)	Ejemplo
Primera calidad	11	2.68	*Coryphaena hippurus* (dorado)
Segunda calidad	100	24.44	Haemulidae (roncos)
Escaso valor comercial	6	1.46	Carangidae (jureles)
Autoconsumo y otros fines (incidentales)	72	60.00	Engraulidae (sardinas)
No aprovechadas (incidentales)	48	11.73	Muraenidae (culebras)
Pesca deportiva	5	20.00	*Nematistius pectoralis* (gallo)
Ornamental	17	4.15	*Hippocampus ingens* (caballito de mar)
Importancia médica	18	4.40	Tetraodontidae (peces globo)

Destacan *Coryphaena hippurus* y *Nematistius pectoralis* dentro de las categorías primera calidad y pesca deportiva.
Fuente: Palacios-Morales 2012, Romero-Gallardo 2014.

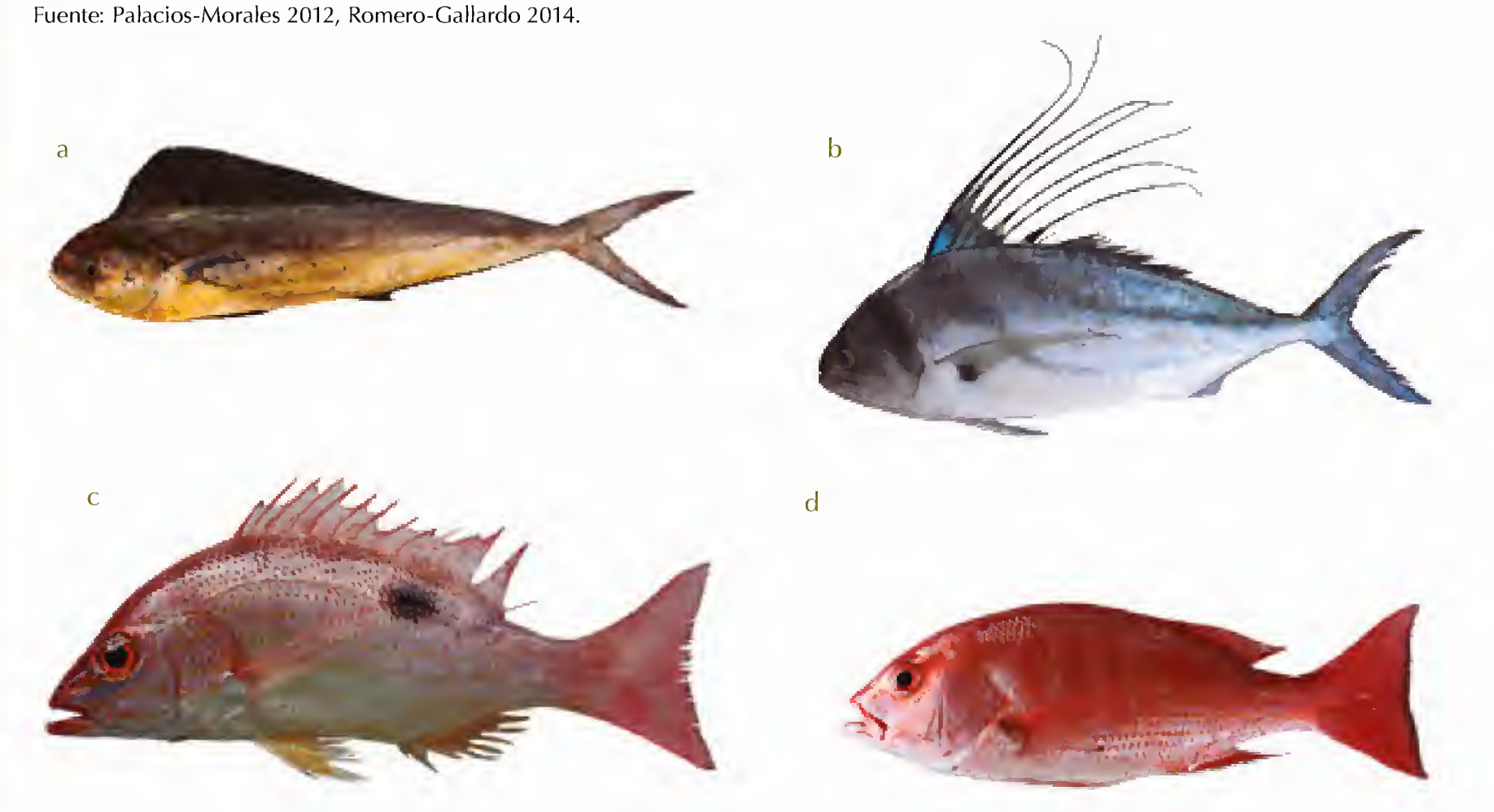


FIGURA 2. Especies de alto valor comercial en la pesca artesanal de la costa y en la pesca deportiva: a) pez dorado (*Coryphaena hippurus*), b) gallo (*Nematistius pectoralis*), c) y d) huachinangos o pargos (*Lutjanus* spp.)
Fotos: Salvador Romero Gallardo.

no obstante, en regiones de la costa del Pacífico, como en la costa de Ecuador, Panamá, El Salvador, y en algunos estados de la costa mexicana, presentan un valor comercial considerable (Romero-Gallardo 2014).

Las especies que no tienen valor comercial y que son capturadas de manera incidental como fauna acompañante se agrupan en otra categoría. Está conformada por 72 especies (17.6% respecto al total) que pueden ser utilizadas de diferentes formas, por ejemplo, el cirujano machín (*Prionurus punctatus*; figura 6), el toques (*Astroscopus zephyreus*) y el pez globo (*Sphoeroides annulatus*), se utilizan para autoconsumo, mientras que las sardinas (Engraulidae) son usadas para carnada. Sin embargo, aproximadamente 48 especies de las consideradas de captura incidental (11.73%) son desechadas sin aprovechamiento alguno, como es el caso de mantas (Myliobatidae y Rhinopteridae), globos o botetes (Diodontidae y Tetraodontidae), rayas (Urotrygonidae), lagartos (Synodontidae), además de morenas y culebras (Muraenidae y Ophichthidae).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Ejemplar de mero (*Epinephelus quinquefasciatus*) capturado por pescadores frente a la playa de Coahuayana. Foto: Salvador Romero Gallardo.

FIGURA 4. Cardumen de roncadores (*Haemulon sexfasciatus*), especie considerada de segunda calidad para el consumo. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 5. Grupo de jureles (*Caranx caballus*), especie con bajo valor comercial y que se utiliza para autoconsumo. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

FIGURA 6. Cardumen de cirujanos machín (*Prionurus punctatus*) sin valor comercial y utilizados para autoconsumo. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

En otra categoría se encuentran algunas especies como el marlín y pez vela (Istiophoridae), el sábalo (*Chanos chanos*), el dorado (*C. hippurus*, figura 2a) y el pez gallo (*N. pectoralis;* figura 2b), que son consideradas importantes para la pesca deportiva (1.2% sobre el total de las especies listadas), actividad regulada por la NOM-017-PESC-1994 (SEMARNAT 1994). Esta actividad se ha establecido como una práctica recreativa con fines de esparcimiento; constituye en tiempos recientes una importante fuente generadora de ingreso con una derrama económica de más de dos mil millones de dólares anuales en el país (CONAPESCA 2009). Estudios sobre pesca deportiva turística, realizados por la Fundación Marlines, revelaron que en 2008 ese deporte, en el estado de Baja California Sur, generó una derrama económica de más de 630 millones de pesos, con ello se fomentó la creación de 35 mil puestos de trabajo y se generaron más de 1 250 millones de dólares en ingresos totales.

En contraste, la pesca deportiva en la costa michoacana carece de equipo apropiado para la realización de la actividad (como lanchas con casetas). Por ejemplo, en Lázaro Cárdenas se realizan al año dos torneos, para lo que los participantes se ven obligados a contratar embarcaciones especializadas en Zihuatanejo, Guerrero (Rivera 2008).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 7. Pez erizo (*Diodon holocanthus*), especie que se llega a comercializar seca como ornamento. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

Otra forma de aprovechamiento es la pesca con fines ornamentales, actividad regulada por la NOM-010-PESC-1993 (Secretaría de Pesca 1993), la cual puede ser de organismos muertos, como peces erizo (*Diodon holocanthus*; figura 7) y caballitos de mar (*Hippocampus ingens*), o bien de organismos vivos para su uso en acuariofilia. En el estado, 17 especies (4.15%) son extraídas para su venta como peces de ornato, tales como mariposas (Chaetodontidae; figura 8), cirujanos (Acanthuridae), ángeles (Pomacanthidae) y caballitos de mar (Syngnathidae); las especies de estas dos últimas familias se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

Dentro de los peces de importancia médica se han identificado 18 especies (4.40%), que en ocasiones causan alguna afectación al entrar en contacto con el ser humano. Entre éstas se pueden mencionar a los peces globo (familia Tetraodontidae; *Arothron hispidus*, *A. meleagris*, *Diodon holocanthus* y *D. hystrix*) los cuales contienen una potente toxina de carácter neurotóxico que provoca diversos síntomas que van desde adormecimiento de lengua y boca hasta shock cardiovascular, paro respiratorio y la muerte (Field-Cortazares

FIGURA 8. Mariposa tres bandas (*Chaetodon humeralis*), especie que se captura para su venta en acuarios. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

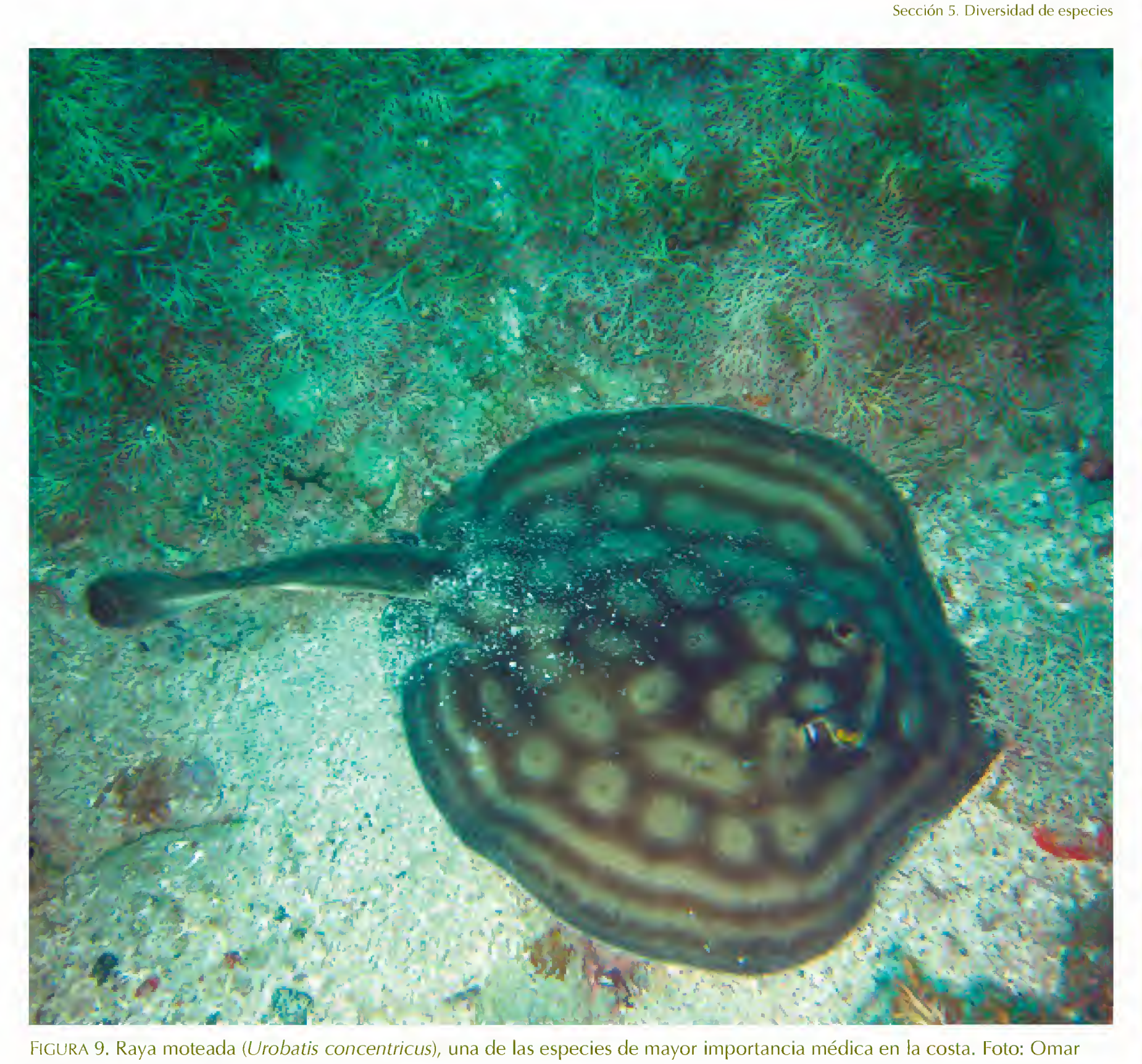


FIGURA 9. Raya moteada (*Urobatis concentricus*), una de las especies de mayor importancia médica en la costa. Foto: Omar Domínguez-Domínguez.

et al. 2009). Las especies de torpedos (Rhinobathidae, *Rhinobatus glaucostigma*; Uranoscopidae, *Astroscopus zephyreus;* y Narcinidae, *Narcine vermicularis*) presentan en el dorso un par de órganos que generan una descarga eléctrica, la cual puede tener la potencia suficiente para causar desmayo.

Los peces piedra o escorpión (Scorpaenidae) tienen glándulas venenosas en la base de sus espinas pectorales y dorsales, que contienen una toxina que aunque rara vez causa la muerte, es altamente dolorosa.

Finalmente, las rayas (Urolophidae, *Urobatis concentricus*; figura 9) son la causa de riesgo médico más frecuente en el litoral michoacano y presentan un aguijón, en la base o al final de la cola, que provoca heridas con bordes desgarrados, dolor inmediato y síntomas generales inconsistentes, como trastornos digestivos e hipotensión arterial (Nogué *et al.* 2001).

CONCLUSIONES

El litoral michoacano cuenta con una gran riqueza ictiofaunística, de la cual los habitantes del estado obtienen diferentes beneficios; sin embargo, dentro de esta riqueza existen especies que no son aprovechadas de manera adecuada, careciendo de valor económico-comercial.

Por lo anterior, es importante realizar estudios que evalúen las poblaciones de peces objetivo y las zonas de pesca, de manera que se pueda establecer un ordenamiento de las pesquerías marinas a partir de datos científicos y con una visión de sustentabilidad, así como establecer zonas de exclusión que sirvan de semillero a las zonas de pesca.

Aunque existe una legislación que regula la actividad pesquera en el estado, su aplicación es casi nula, ya que sólo algunas especies bandera (de mayor inte-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

rés), como la tortuga marina y la langosta, son protegidas actualmente por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). La vigilancia es mínima y muchas especies son extraídas de manera indiscriminada, incluso en épocas de veda y hembras grávidas (p.e. tiburones y rayas). Por lo anterior, se requiere mayor esfuerzo hacia ese problema, en donde el trabajo conjunto de las instituciones académicas, el gobierno y los pescadores, será clave para el apropiado aprovechamiento de los recursos pesqueros y, por consiguiente, asegurar la existencia de las generaciones futuras.

REFERENCIAS

Alcalá, G., A. Toledo Ocampo, S. Farreras *et al.* 2003. *Espacios y actividades costeras en Michoacán. Aproximaciones varias.* El Colegio de México/Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada/El Colegio de Michoacán, México.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2009. Será en Mazatlán, México, el XVIII campeonato mundial de pesca deportiva Big Game. En: *<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Boletin_FEBRERO%2009.pdf>,* última consulta: 8 de julio de 2013.

Field-Cortazares, J., R. Calderón-Campos y J.L. Moreno. 2009. Envenenamiento por pez globo. *Boletín Clínico del Hospital Infantil del Estado de Sonora* 26:28-32.

Marín, G.G. 2007. Pesca artesanal, comunidad y administración de recursos pesqueros. Experiencias en la costa de Michoacán, México. *Gazeta de Antropología* 23:20.

Nogué, S., P. Sanz-Gallén, M. Garrido y J.M. Gili. 2001. Lesiones por picadura o contacto con los animales de nuestro litoral marítimo. *Medicina Integral* 38(4):140-148.

Palacios-Morales, G. 2012. Listado taxonómico de peces arrecifales de la costa de Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Rivera, R. 2008. Pesca en Michoacán, industria a la deriva. *El Universal.* Sección Estados. Domingo 16 de marzo de 2008.

Romero-Gallardo, S. 2014. *Catálogo ilustrado y listado sistemático de la captura artesanal de peces de la costa michoacana.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Secretaría de Pesca. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993. Publicada el 23 de noviembre de 1993 en el DOF.

SEMARNAP. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-017-PESC-1994. Publicada el 28 de diciembre de 1994 en el DOF.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Torres-Hernández, E., G. Palacios-Morales, S. Romero-Gallardo *et al.* 2016. Annotated checklist of the coastal ichthyofauna from Michoacán State, Mexico. *Zookeys* 606:99-126.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Programa de conservación *ex situ* de goodeinos

OMAR DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ

INTRODUCCIÓN

En el centro de México se concentra la mayor densidad poblacional, grandes zonas industriales e importantes desarrollos agrícolas y ganaderos (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007), por lo que la gran mayoría de los cuerpos de agua dulce se encuentran fuertemente alterados, incluso muchos de ellos han perdido la capacidad de mantener vida acuática y algunos, como el río Lerma, son considerados de los más contaminados del país (Mercado-Silva *et al.* 2008). Debido a esta grave situación, el *World Conservation Monitoring Center* considera los cuerpos de agua del centro de México como una región de especial interés para la conservación de los peces de agua dulce en el mundo (Groombridge y Jenkins 1998).

Michoacán es una región con una alta diversidad de peces, pero también uno de los estados con mayor pérdida de poblaciones y con un número importante de especies al borde de la extinción, por ejemplo, el tiro de Zirahuén y el tiro de dos rayas (*Allotoca meeki* y *Neotoca bilineata*, respectivamente) o que incluso han sido consideradas extintas, como el charal tarasco (*Chirostoma charari*; cuadro 1).

DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Los goodeinos cuentan con una peculiar forma de reproducción, presentan fertilización interna, para lo cual los machos tienen un órgano especializado ubicado en la aleta anal. Ocurre una selección sexual activa por parte de las hembras, requiriéndose un estrecho contacto entre machos y hembras, lo que ha generado un marcado dimorfismo sexual y elaborados bailes de cortejo por parte de los machos (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007).

Pero quizá su característica más distintiva es la forma de nutrición embrionaria, llamada matrotrofía. Los embriones tienen una estructura especializada llamada trofotenia, análoga al cordón umbilical en mamíferos, que sirve para el intercambio de gases y nutrientes entre el embrión y los fluidos ováricos de la hembra (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007).

Los miembros de la subfamilia Goodeinae son endémicos del centro de México. Se encuentran reportadas aproximadamente 39 especies distribuidas desde Durango hasta Guerrero, para la cuenca del Pacífico; y en San Luis Potosí, para la vertiente del Atlántico; el mayor número de especies está registrado para Jalisco y Michoacán. En el estado se reportan 20 especies (51% del total del país), nueve de ellas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (45% del total de las especies de esta subfamilia en el estado) y cuatro en la lista roja de la UICN (cuadro 1).

Este grupo de peces puede considerarse un tesoro natural que está al borde de la extinción (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007); siete especies que habitan el estado son microendémicas y cinco especies han quedado restringidas a pequeñas porciones de su área de distribución natural (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*a*, Pedraza-Marrón 2011; cuadro 1).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

En el Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la UMSNH, desde 1998 inició un programa de conservación *ex situ* de 37 de las 39 especies de goodeinos registradas para el país, de las cuales aún existían poblaciones vivas (incluyendo las 20 especies distribuidas en Michoacán).

Este programa comenzó por el decidido apoyo de la universidad michoacana, organizaciones de aficionados a los acuarios y conservacionistas internacionales, principalmente del acuarista inglés Ivan Dibble, como una medida de acción rápida y emergente para salvaguardar de la extinción a las especies de este grupo de peces mientras se da solución a las amenazas que enfrentan en su hábitat natural, lo que es evidente constituye un proyecto a largo plazo.

Actualmente, el programa es auspiciado sobre todo por el zoológico de Chester, Reino Unido, el grupo de trabajo en goodeidos (GWG) –europeo y norteamericano–, las asociaciones de peces vivíparos de Escandinavia, Holanda, EUA, Alemania e Inglaterra y la UMSNH.

A partir de 2005, en las instalaciones del Laboratorio de Biología Acuática se cuenta con la infraestruc-

Domínguez-Domínguez, O. 2019. Programa de conservación *ex situ* de goodeinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 469-473.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Distribución de goodeinos[1] y estatus de conservación.[2]

Especie	Colección UMSHN[1]	D2005[2]	NOM[2]	J2008[2]	UICN[2]	P2008[2]
Alloophorus robustus		V				53
Allotoca diazi	ME	P	P	P	CR	0
A. dugesii	RE	P	P	P		80
A. meeki	ME	PC		P		50
A. catarinae	ME	V	P	V		0
A. zacapuensis	ME	PC		P		0
Neoophorus regalis	ME	PC	P	P		50
Chapalichthys encaustus		V		V		31
C. pardalis	ME	PC		P		50
C. peraticus	ME	PC		P		0
Girardinichthys multirradiatus	RE	P			VU	35
Goodea atripinnis					LC	19
Hubbsina turneri	RE	PC	P	P	CR	67
Neotoca bilineata	RE	PC	P	P		59
Skiffia lermae		P	A	P		55
S. multipunctata	RE	P	A	P		95
Xenotoca variata						54
Zoogoneticus quitzeoensis		P	A	A		43
Z. purhepechus		P*				
Ilyodon whitei		V		V	CR	15

ME: microendémica, RE: restringida por la desaparición de poblaciones, VU: vulnerable, LC: preocupación menor, CR: en peligro crítico.
En la columna P2008 se reporta la pérdida de poblaciones históricamente registradas en el país de acuerdo con Domínguez-Domínguez *et al.* (2008a), Pedraza-Marrón (2011).
Fuente: [1]UMSNH 2014, [2]Domínguez-Domínguez *et al.* 2005 (D2005), Jelks *et al.* 2008 (J2008), SEMARNAT 2010, UICN 2013.

tura y equipamiento requerido para mantener, a mediano plazo, un banco viable de germoplasma de las especies conservadas en cautiverio. En la actualidad se cuenta con 80 peceras, 15 estanques de concreto y cuatro estanques rústicos, en estos últimos se mantienen en condiciones de semicautiverio poblaciones grandes y saludables de especies ya extintas, o de aquellas cuya extinción es altamente probable, esto con la finalidad de que se adapten a condiciones seminaturales e iniciar planes de reintroducción a su hábitat natural, lo que puede ser viable solamente cuando las condiciones del hábitat permitan la sobrevivencia y establecimiento de las poblaciones de peces extirpadas, lo que a su vez conllevaría a realizar acciones de recuperación y conservación de estos sitios.

Para algunas especies se han logrado mantener poblaciones mayores que las estimadas en su hábitat natural, tal es el caso de *Allotoca zacapuensis* o tiro de Zacapu (figuras 1a y b) y *Hubbsina turneri* o mexclapique de Cuitzeo (Moncayo-Estrada 1996). La primera es una especie microendémica a una porción del humedal de Zacapu (municipio de Zacapu, región biogeográfica del mismo nombre en el Sistema Volcánico Transversal). La segunda tenía una distribución en las regiones de Cuitzeo y Lerma medio (del Sistema Volcánico Transversal), sin embargo, actualmente está restringida al humedal de Zacapu.

Asimismo, se mantienen y reproducen, tanto en acuarios como en estanques, otras especies restringidas o microendémicas que están amenazadas o en peligro

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

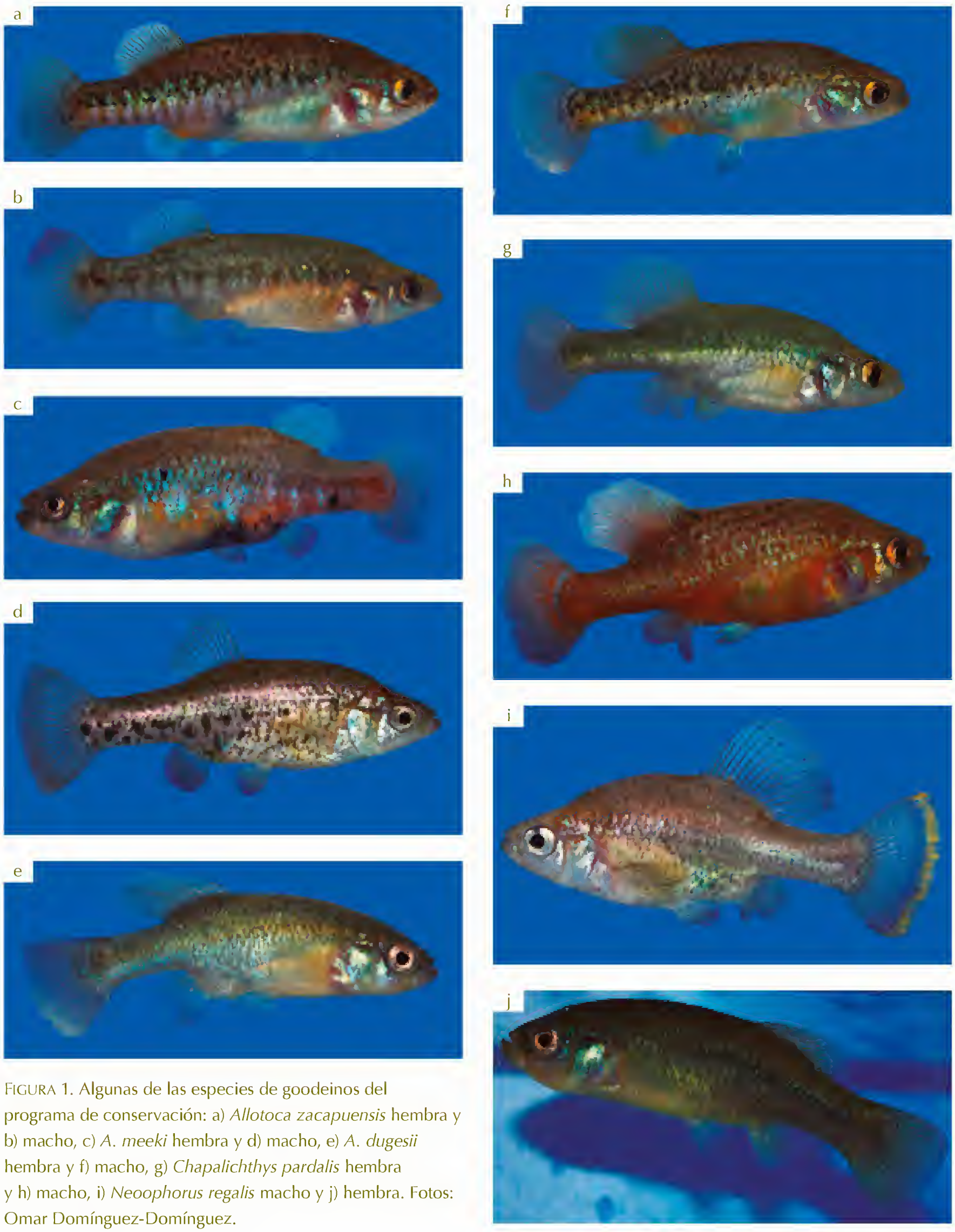


FIGURA 1. Algunas de las especies de goodeinos del programa de conservación: a) *Allotoca zacapuensis* hembra y b) macho, c) *A. meeki* hembra y d) macho, e) *A. dugesii* hembra y f) macho, g) *Chapalichthys pardalis* hembra y h) macho, i) *Neoophorus regalis* macho y j) hembra. Fotos: Omar Domínguez-Domínguez.

crítico de desaparecer (cuadro 1), como *Allotoca catarinae* o tiro catarina, *A. meeki* o tiro de Zirahuén (figuras 1c y d), *A. diazi* o chorumo, *A. dugesii* o tiro chato (figuras 1e y f), *Chapalichthys pardalis* o pintito de Tocumbo (figuras 1g y h), *Neoophorus regalis* o chorumo del Balsas (figuras 1i y j) y *N. bilineata* o tiro de dos rayas.

Además de constituir un banco de germoplasma y una zona de resguardo de especies extintas, la colección viva ha servido para realizar investigaciones en diversos campos de la biología, fisiología, evolución, genética, reproducción, conservación y toxicología, entre otros (Uribe-Aranzabal y Grier 2005, 2010;

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*b*). Al mismo tiempo, se realiza intercambio de información y donaciones a 36 centros de investigación, universidades, asociaciones no gubernamentales, zoológicos y acuarios de al menos 15 países (México, Reino Unido, EUA, Holanda, Dinamarca, Noruega, Austria, Francia, Bélgica, entre otros), lo cual ha promovido un esfuerzo internacional en pro de la conservación de este grupo de peces y, con ello, las expectativas de conservación a largo plazo se incrementan.

CONCLUSIONES

Aunque es claro que sin programas de conservación en cautiverio un importante número de especies de peces, alrededor del mundo y particularmente de México, ya se hubieran extinguido, hay que considerar que el mantenimiento en cautiverio no es una solución de largo plazo al problema de conservación. Los programas *ex situ*, son una herramienta de acción rápida que debe ser acompañada por acciones directas de conservación en los cuerpos de agua, así como de constantes programas de educación y concientización ambiental para difundir la importancia de la conservación de este grupo de organismos. Para ello, se ha participado en proyectos colaterales sobre el uso racional y sostenible de los ecosistemas acuáticos de la región (p.e. de saneamiento del cauce natural (meandro) del río Lerma e integración del mismo a la dinámica urbana de La Piedad, y saneamiento, restauración y conservación de la subcuenca del río Cupatitzio), en proyectos para promover o coadyuvar en la creación de zonas de protección para la diversidad de éstos y otros organismos que habitan los cuerpos de agua dulce del centro de México (p.e. el plan de manejo del Área Natural Protegida Lago de Zacapu y Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo) y en la realización de fichas técnicas para incluir en la normatividad mexicana especies de goodeinos en alguna categoría de riesgo.

Sin embargo, esos esfuerzos han sido insuficientes, ya que los goodeinos, al carecer de importancia económica y no ser un grupo carismático, al menos en el país, han sido olvidados en los programas y acciones de conservación, un ejemplo de ello es que el programa de conservación *ex situ* llevado a cabo en la UMSNH, se sostiene con donaciones de organismos internacionales, sin contar con algún apoyo de instituciones nacionales, a pesar de salvaguardar 24 especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010) y dos consideradas extintas por la UICN (2013), por lo que es indispensable otorgar más apoyo a este tipo de programas.

Por otro lado, se ha puesto de manifiesto que las ANP no contemplan la conservación de la diversidad de este grupo de peces (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006), por lo que es necesario incluirlos en el planteamiento de nuevas áreas de conservación. También se ha documentado que las zonas de manantial han servido como áreas de refugio para muchas especies de peces, incluyendo los goodeidos, fungiendo como oasis con condiciones de calidad de agua y hábitat adecuados aunque rodeados por zonas altamente contaminadas y deterioradas (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008*a*), tal es el caso de La Mintzita y Zacapu, entre otras, por lo que es necesario modificar los polígonos de estas ANP, los cuales protegen de manera parcial los cuerpos de agua al no tomar en cuenta las zonas de recarga, las cuales son vitales para el mantenimiento del caudal, a largo plazo, además de declarar otros manantiales, como Verduzco, Orandino y Chapultepec, entre otros, como zonas de protección de éste y otros grupos de peces.

Es indispensable poner especial atención en estas especies y grupos emblemáticos del país, ya que son parte de la fauna endémica y componente primordial de la biodiversidad de nuestro país, aunque no cuenten con el carisma de otros grupos menos amenazados. Crear programas de monitoreo permanentes que actualicen continuamente el estado de salud de estas especies, sus poblaciones y sus hábitats, permitirá desarrollar acciones en tiempo y forma, y con ello evitar la extinción de especies o desaparición de poblaciones. Pero quizás lo más importante es hacer cumplir las leyes existentes en torno a la conservación y uso sustentable de los recursos acuáticos, lo cual ayudaría en gran medida a frenar el grave riesgo de extinción que presenta éste y otros grupos de organismos acuáticos.

REFERENCIAS

Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva, J. Lyons y H. Grier. 2005. Goodeid fishes photos. En *Proceedings of the II International Symposium of Livebearing Fishes.* M.C. Uribe-Aranzabal y H. Grier (eds.). New Life Publications, Florida, pp. 505-549.

Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano y G. Pérez-Ponce de León. 2006. Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: the live-bearing fishes (Goodeidae) in Central Mexico. *Conservation Biology* 20:1730-1739.

Domínguez-Domínguez, O. y G. Pérez-Ponce de León. 2007. Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. *Biodiversitas* 75:12-15.

Domínguez-Domínguez, O., L. Zambrano, L.H. Escalera-Vázquez *et al.* 2008*a*. Cambios en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:501-512.

Domínguez-Domínguez, O., R. Pérez-Rodríguez e I. Doadrio. 2008*b*. Morphological and genetic comparative analyses of populations of *Zoogoneticus quitzeoensis* (Bean, 1898) (Cyprinodontiformes: Goodeidae) fron central Mexico,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

with description of a new species. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:373-383.

Groombridge, B. y M. Jenkins. 1998. *Freshwater biodiversity: a preliminary global assessment*. World Conservation Monitoring Centre/World Conservation Press, Reino Unido.

Jelks, H.L., S.J. Walsh, N.M. Burkhead *et al.* 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries* 33:372-407.

Mercado-Silva, N., M.R. Helmus y M.J. Vander-Zanden. 2008. The effects of impoundment and non-native species on a river food web in Mexico's Central Plateau. *River Research and Applications* 25:1090-1108.

Moncayo-Estrada, R. 1996. *Estructura y función de la comunidad de peces de la laguna de Zacapu, Michoacán, México*. Tesis de maestría en manejo de recursos marinos. Instituto Politécnico Nacional, La Paz.

Pedraza-Marrón, C.R. 2011. *Cambios en la distribución de los peces de agua dulce del centro de México y sus posibles causas antropogénicas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

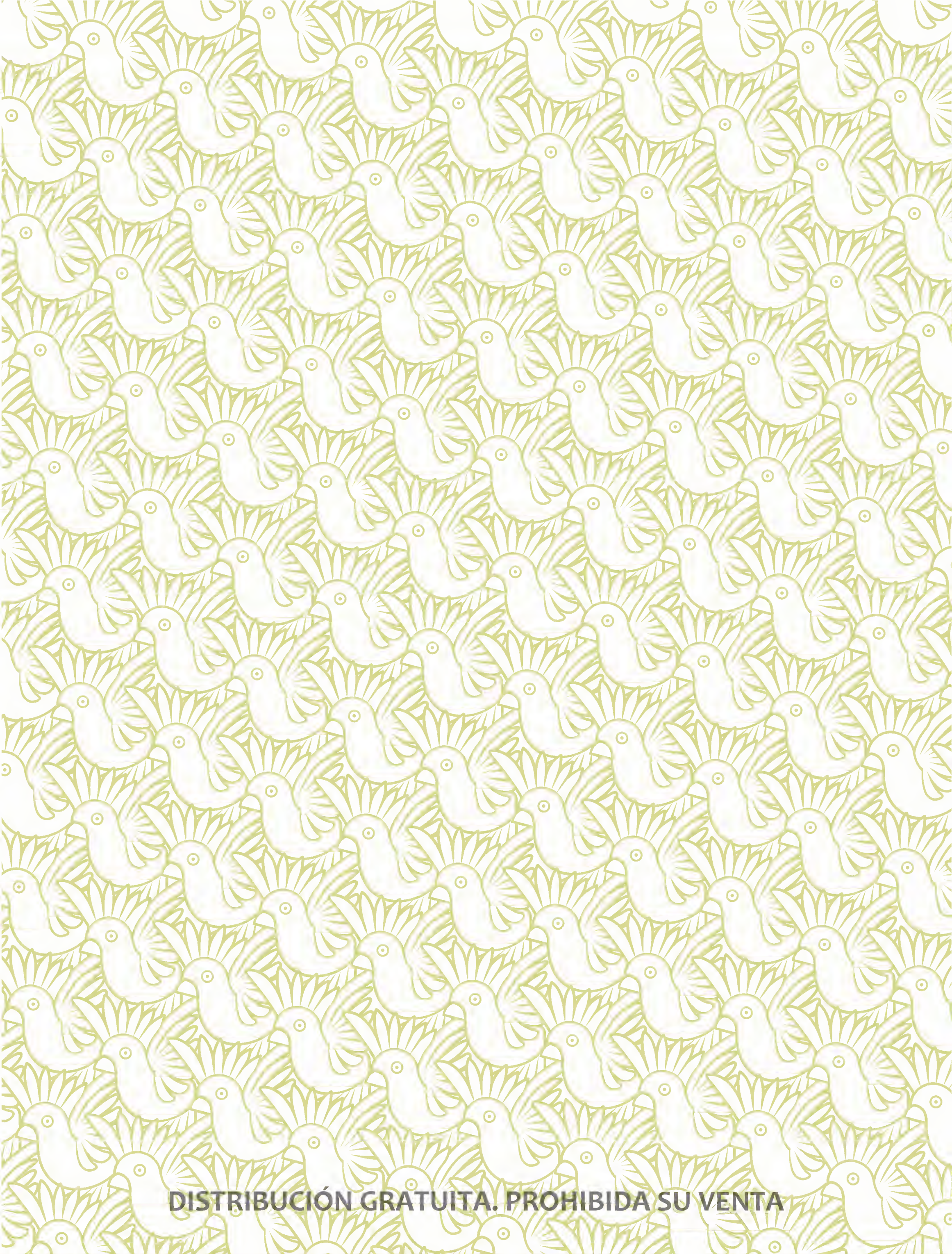
SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. En: *<http://www.iucnredlist.org/>*, última consulta: 22 de febrero de 2013.

Uribe-Aranzabal, M.C. y H. Grier. 2005. *Viviparous fishes I*. New Life Publications, EUA.

——. 2010. *Viviparous fishes II*. New Life Publications, Florida.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Anfibios y reptiles

IRERI SUAZO ORTUÑO, JAVIER ALVARADO DÍAZ, OSCAR MEDINA AGUILAR Y ARTURO JONATAN TORRES PÉREZ COETO

DESCRIPCIÓN

A pesar de pertenecer a linajes independientes que se separaron hace más de 300 millones de años (Pough *et al.* 2004), y de presentar marcadas diferencias, los anfibios y reptiles son estudiados por una misma disciplina, la herpetología. Los anfibios son animales que típicamente presentan una fase larvaria acuática y una fase adulta en tierra (Duellman y Trueb 1994). Además, presentan una piel glandular altamente permeable y un huevo envuelto sólo por membranas gelatinosas (huevo anamniótico) que, por lo tanto, es susceptible a la desecación (Vitt *et al.* 1990).

Los reptiles, en cambio, se han independizado casi completamente de medios acuáticos, debido en gran parte a la presencia de una piel cubierta de escamas y de un huevo con membranas especializadas y cascarón (huevo amniótico). Otra diferencia es su capacidad de desplazamiento, ya que en la mayoría de los anfibios es limitado, pudiendo transcurrir su vida dentro de los límites de unos cuantos metros cuadrados de hábitat (Semlitsch y Ryan 1998); muchas especies de reptiles presentan ámbitos hogareños, desde decenas hasta cientos de kilómetros cuadrados (Brown 1993).

A pesar de sus diferencias, los anfibios y reptiles son los únicos tetrápodos (aves, mamíferos, anfibios, reptiles) ectotérmicos (dependen de la temperatura ambiental para elevar su temperatura corporal), que ocupan hábitats y microhábitats similares y son vulnerables a la modificación de ese hábitat (Gibbons *et al.* 2000), como la destrucción o degradación, cambio climático, contaminación y presencia de especies invasoras (Gibbons *et al.* 2000).

El efecto que diversas amenazas tienen sobre reptiles y anfibios puede ser atenuado o bien intensificado por las características particulares que cada uno de esos linajes presenta. Por ejemplo, en los anfibios su reducida movilidad y tolerancia a las condiciones del ambiente magnifica los efectos de la fragmentación del hábitat (DeMaynadier y Hunter 2000, Bowne y Bowers 2004), mientras que en los reptiles la fragmentación del hábitat puede tener efectos negativos o positivos, dependiendo de la movilidad, el tamaño del ámbito hogareño y el rango de tolerancia de cada especie (Dorcas *et al.* 1998, Suazo-Ortuño *et al.* 2008).

La piel delgada y altamente permeable de los anfibios es una característica que de modo frecuente se asocia con la sensibilidad ambiental a sustancias tóxicas, tanto en el medio acuático como en el terrestre (Vitt *et al.* 1990). En contraste, la piel con escamas y prácticamente impermeable confiere a los reptiles mayor resistencia a cambios ambientales asociados a presencia de contaminantes y a fluctuaciones de temperatura y humedad. Sin embargo, la evidencia empírica con tortugas de agua dulce sugiere que los efectos de modificaciones de los patrones de temperatura, asociados al cambio climático global, incrementará las tasas de crecimiento en juveniles y reducirá la edad para la madurez sexual (Frazer *et al.* 1993), mientras que

Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz, O. Medina-Aguilar y J. Torres-Pérez-Coeto. 2019. Anfibios y reptiles. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 475-493.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

especies con determinación sexual dependiente de la temperatura (algunas especies de tortugas y todas las especies de cocodrilos) podrán sufrir alteraciones en las proporciones sexuales naturales y, por tanto, en la demografía poblacional (Janzen y Morjan 2001).

DIVERSIDAD

Michoacán ocupa el sexto lugar a nivel nacional en riqueza de anfibios y reptiles (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006). Actualmente se registran 59 especies de anfibios (apéndice 50) de las 376 especies (Parra-Olea *et al.* 2014) y 165 (apéndice 51) de las 864 especies de reptiles mexicanos (Flores-Villela y García-Vázquez 2014). El número de especies de anfibios y reptiles que ocurren en Michoacán representa 18.1% de la herpetofauna mexicana total, integrada por 1 240 especies (Flores-Villela y García-Vázquez 2014, Parra-Olea *et al.* 2014). Los anfibios michoacanos representan entre 0.82% (7 187 especies; Parra-Olea *et al.* 2014) y 0.74% (7 941 especies; AmphibiaWeb 2018) de la anfibiofauna mundial, y los reptiles michoacanos entre 1.68% (9 834 especies; Flores-Villela y García-Vázquez 2014) y 1.52% (10 793 especies; The Reptile Database 2018) de los reptiles del mundo.

De las 224 especies de anfibios y reptiles reconocidas para el estado, 33 especies de anfibios son endémicas (nativas) a México, nueve endémicas para el estado, 16 no nativas al país y una es invasora (cuadro 1). En el caso de los reptiles, 97 especies son nativas a México, 12 endémicas para el estado, 53 no son nativas al país y tres son invasoras (cuadro 2).

El grupo de las serpientes (suborden Serpentes) presenta la mayor riqueza con 100 especies (60.6%), seguidas por las lagartijas (suborden Sauria) con 55 (33.3%), los anuros (orden Anura) con 49 (29.7%), las salamandras (orden Caudata) con nueve (5.5%), las tortugas (orden Testudines) con ocho (4.8%) y los cocodrilos y cecílidos (ordenes Crocodylia y Gymnophiona, respectivamente) con una sola especie en cada grupo (0.6%; Alvarado-Díaz *et al.* 2013). De la figura 1 a la 5 se muestra una especie representante de las principales familias de anfibios y reptiles registrados para el estado.

CUADRO 1. Distribución y endemismo de las especies de anfibios, por provincias fisiográficas y estatus de conservación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
Anura				
Bufonidae				
Anaxyrus compactilis	EM	IV, V	LC	
Incilius marmoreus	EM	I, II, III	LC	
I. occidentalis	EM	III, IV	LC	
I. perplexus	EM	II, III	EN	
I. pisinnus	EE	II, III	DD	
Rhinella horribilis		I, II, III, V	LC	
Craugastoridae				
Craugastor augusti		III, IV	LC	
C. hobartsmithi	EM	IV	EN	
C. occidentalis	EM	IV	DD	
C. pygmaeus		II, III, IV	VU	
C. vocalis	EM	II, III, IV	LC	
Eleutherodactylidae				
Eleutherodactylus angustidigitorum	EE	IV	VU	Pr
E. colimotl	EM	I, III	NE	
E. erendirae	EM	IV	NE	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
E. floresvillelai	EE	IV	NE	
E. maurus	EM	II	DD	Pr
E. modestus	EM	III	VU	Pr
E. nietoi	EE	III	NE	
E. nitidus	EM	II, III, IV, V	LC	
E. nivicolimae	EM	III	VU	
E. rufescens	EE	III	CR	Pr
Hylidae				
Diaglena spatulata		I, II	LC	
Exerodonta smaragdina	EM	II, III, IV, V	LC	Pr
Dryophytes arenicolor		II, III, IV, V	LC	
D. eximius	EM	IV, V	LC	
D. plicatus	EM	IV	LC	A
Sarcohyla bistincta	EM	III, IV	LC	Pr
Smilisca baudinii		I, II, III	LC	
S. fodiens		II, V	LC	
Tlalocohyla smithii	EM	I, II, III	LC	
Trachycephalus typhonius		I	LC	
Leptodactylidae				
Leptodactylus fragilis		I, II, III, IV	LC	
L. melanonotus		I, II, III	LC	
Microhylidae				
Hypopachus ustus		I	LC	Pr
H. variolosus		II, III, IV, V	LC	
Phyllomedusidae				
Agalychnis dacnicolor	EM	I, II, III	LC	
Ranidae				
Lithobates berlandieri		II	LC	Pr
L. catesbeianus	NN	IV	LC	
L. dunni	EE	IV	EN	Pr
L. forreri		II, III	LC	Pr
L. magnaocularis	EM	II	LC	
L. megapoda	EM	IV, V	VU	Pr
L. montezumae	EM	IV, V	LC	Pr
L. neovolcanicus	EM	II, III, IV, V	NT	A

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
L. pustulosus	EM	II, III, IV	LC	Pr
L. spectabilis	EM	IV	LC	
L. zweifeli	EM	II, III	LC	
Rhinophrynidae				
Rhinophrynus dorsalis		II	LC	Pr
Scapiopodidae				
Spea multiplicata		IV, V	LC	
Caudata				
Ambystomatidae				
Ambystoma amblycephalum	EE	IV	CR	Pr
A. andersoni	EE	IV	CR	Pr
A. dumerilii	EE	IV	CR	Pr
A. ordinarium	EM	IV	EN	Pr
A. rivulare	EM	IV	DD	A
A. velasci	EM	IV	LC	Pr
Plethodontidae				
Isthmura bellii	EM	IV	VU	A
Pseudoeurycea leprosa	EM	IV	VU	A
P. longicauda	EM	IV	EN	Pr
Gymnophiona				
Dermophiidae				
Dermophis oaxacae	EM	I, IV	DD	Pr

Provincias fisiográficas: I: Llanura Costera, II: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, III: Sierra Madre del Sur, IV: Sistema Volcánico Transversal, V: Altiplanicie. Endemismo: EE: endémica al estado, EM: endémica a México, NE: no endémica al estado o país, NN: no nativa. Categorización UICN. CR: en peligro crítico, EN: en peligro, VU: vulnerable, NT: casi amenazada, LC: preocupación menor, DD: deficiencia de datos, NE: no evaluada. NOM-059-SEMARNAT-2010. A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial.
Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN

A pesar de sus restricciones fisiológicas como grupo, los anfibios y los reptiles presentan una distribución cosmopolita, aunque muchas especies se encuentran restringidas a ciertos hábitats y son llamadas especialistas de hábitat (Duellman y Trueb 1994, Gibbons *et al.* 2000). Michoacán se divide en cinco provincias fisiográficas: Llanura Costera, Sierra Madre del Sur, Depresión de Balsas-Tepalcatepec, Sistema Volcánico Transversal y Altiplanicie (Antaramián y Correa 2003). De las 224 especies de anfibios y reptiles registradas, 108 (28 anfibios y 80 reptiles) se distribuyen en una sola provincia; 65 (16 anfibios y 49 reptiles) en dos provincias; 37 (ocho anfibios y 29 reptiles) en tres; 11 (siete anfibios y cuatro reptiles) en cuatro provincias; y sólo tres especies de reptiles están ampliamente distribuidas en el estado y se registran en las cinco provincias (Alvarado-Díaz *et al.* 2013; cuadro 1); estas últimas son la lagartija (*Anolis nebulosus*; figura 2d), la serpiente chirrionera (*Coluber mentovarius*) y la tortuga casquito (*Kinosternon integrum*).

La Sierra Madre del Sur presenta la mayor riqueza, con 105 especies, seguida por el Sistema Volcánico Transversal con 102 especies, la Depresión del Balsas-Tepalcatepec con 98 especies, la Llanura Costera con 74 especies y la Altiplanicie con 29 especies.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Distribución y endemismo de las especies de reptiles, por provincias fisiográficas y estatus de conservación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
Crocodylia				
Crocodylidae				
Crocodylus acutus		I	VU	Pr
Squamata				
Bipedidae				
Bipes canaliculatus	EM	II	LC	Pr
Anguidae				
Abronia deppii	EM	IV	EN	A
Barisia imbricata	EM	IV	LC	Pr
B. rudicollis	EM	IV	EN	P
Elgaria kingii		III	LC	Pr
Gerrhonotus liocephalus	EM	IV	LC	Pr
Corytophanidae				
Basiliscus vittatus		I, II, III	NE	
Dactyloidae				
Anolis dunni	EM	II, III	LC	A
A. nebulosus	EM	I, II, III, IV, V	LC	
Eublepharidae				
Coleonyx elegans		I, II	LC	A
Gekkonidae				
Hemidactylus frenatus	NN	I, II, III	LC	
Helodermatidae				
Heloderma horridum		I, II, III	LC	A
Iguanidae				
Ctenosaura clarki	EM	II	VU	A
C. pectinata	EM	I, II, III	NE	A
Iguana iguana		I, II, III	NE	Pr
Phrynosomatidae				
Phrynosoma asio		II, III	LC	Pr
P. orbiculare	EM	IV	LC	A
Sceloporus aeneus	EM	IV	LC	
S. asper	EM	II, III, IV	LC	Pr
S. dugesii	EM	IV, V	LC	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
S. gadoviae	EM	II, III	LC	
S. grammicus		IV	LC	Pr
S. heterolepis	EM	III, IV	LC	
S. horridus	EM	I, II, III, IV	LC	
S. insignis	EM	III	LC	Pr
S. melanorhinus		I, II, III	LC	
S. pyrocephalus	EM	I, II, III	LC	
S. scalaris		IV, V	LC	
S. siniferus		I, III	LC	
S. spinosus	EM	IV, V	LC	
S. torquatus	EM	IV, V	LC	
S. utiformis	EM	I, II, III, IV	LC	
Urosaurus bicarinatus	EM	I, II, III, IV	LC	
U. gadovi	EM	II, III	LC	
Phyllodactylidae				
Phyllodactylus davisi	EM	I	LC	A
P. duellmani	EE	II, III	LC	Pr
P. homolepidurus	EM	I	LC	Pr
P. lanei	EM	I, II, III, IV	LC	
P. paucituberculatus	EE	II	DD	A
Scincidae				
Marisora brachypoda		I, II	LC	
Mesoscincus altamirani	EM	II, III	DD	Pr
Plestiodon colimensis	EM	I, III	DD	Pr
P. copei	EM	IV	LC	Pr
P. dugesii	EM	IV	VU	Pr
P. indubitus	EM	III, IV		
P. parvulus	EM	I	DD	
Scincella assatus		I, II, III	LC	
Teiidae				
Aspidoscelis calidipes	EE	II, III	LC	Pr
A. communis	EM	I, II, III	LC	Pr
A. costata	EM	II, III	LC	Pr

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
A. deppei		I, II, III	LC	
A. gularis		IV, V	LC	
A. lineatissima	EM	I, II, III	LC	Pr
A. sacki	EM	II	LC	
Holcosus undulatus		I, II, III	LC	
Xantusiidae				
Lepidophyma tarascae	EM	I, II	DD	A
Boidae				
Boa constrictor		I, II, III	NE	A
Colubridae				
Coluber flagellum		II, IV	LC	A
C. mentovarius		I, II, III, IV, V	LC	A
C. taeniatus		IV, V	LC	
Conopsis biserialis	EM	IV	LC	A
C. lineata	EM	IV, V	LC	
C. nasus	EM	IV	LC	
Drymarchon melanurus		I, II, III	LC	
Drymobius margaritiferus		I, II, III	NE	
Ficimia publia		III	LC	
Geagras redimitus	EM	I	DD	Pr
Gyalopion canum		IV	LC	
Lampropeltis polyzona	EM	IV	NE	A
L. ruthveni	EM	IV	NT	A
Leptophis diplotropis	EM	I, II, III	LC	A
Mastigodryas melanolomus		I, III	LC	
Oxybelis aeneus		I, II, III	NE	
Pituophis deppei	EM	IV, V	LC	A
P. lineaticollis		III, IV	LC	
Pseudoficimia frontalis	EM	I, II, III	LC	
Salvadora bairdi	EM	IV, V	LC	Pr
S. mexicana	EM	II, III	LC	Pr
Senticolis triaspis		II, III	NE	
Sonora michoacanensis	EM	II, III	LC	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
Symphimus leucostomus	EM	I	LC	Pr
Tantilla bocourti	EM	IV	LC	
T. calamarina	EM	I, II, III	LC	Pr
T. cascadae	EE	IV	DD	A
Trimorphodon biscutatus		I, II, III	NE	
T. tau	EM	II, IV, V	LC	
Dipsadidae				
Clelia scytalina		I	LC	
Coniophanes fissidens		II, III	NE	
C. lateritius	EM	II, III	DD	
C. melanocephalus	EM	IV	DD	
C. michoacanensis	EE	I	NE	
C. piceivittis		I	LC	
C. sarae	EE	III	DD	
Conophis vittatus	EM	I, II, III	LC	
Diadophis punctatus		IV	LC	
Dipsas gaigeae	EM	III	LC	Pr
Enulius flavitorques		II, III	NE	
E. oligostichus	EM	I	DD	Pr
Geophis bicolor	EM	IV	DD	Pr
G. dugesii	EM	IV	LC	
G. incomptus	EE	III	DD	Pr
G. maculiferus	EE	IV	DD	Pr
G. nigrocinctus	EM	III	DD	Pr
G. petersii	EM	III, IV	DD	Pr
G. pyburni	EE	III	DD	Pr
G. sieboldi	EM	III	DD	Pr
G. tarascae	EM	IV	DD	Pr
Hypsiglena torquata	EM	II, III	LC	Pr
Imantodes gemmistratus		II	NE	Pr
Leptodeira maculata	EM	I, II, III	LC	Pr
L. nigrofasciata		I	LC	
L. septentrionalis		II	NE	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
L. splendida	EM	II, III, IV	LC	
L. uribei	EM	I	LC	Pr
Manolepis putnami	EM	I, II	LC	
Pseudoleptodeira latifasciata	EM	II, III	LC	Pr
Rhadinaea hesperia	EM	II, III	LC	Pr
R. laureata	EM	IV	LC	
R. taeniata	EM	IV	LC	
Sibon nebulata		I, III	NE	
Tropidodipsas annulifera	EM	III	LC	Pr
T. fasciata	EM	III	NE	
T. philippii	EM	I, III	LC	Pr
Elapidae				
Micrurus distans	EM	II, III	LC	Pr
M. laticollaris	EM	II	LC	Pr
M. tener		IV	LC	
Pelamis platura		I	LC	
Leptotyphlopidae				
Epicta goudotii		II, III	NE	
Rena bressoni	EE	II	DD	Pr
R. humilis		II	LC	
R. maxima	EM	II	LC	
Loxocemidae				
Loxocemus bicolor		II, III	NE	Pr
Natricidae				
Adelophis copei	EM	V	VU	Pr
Storeria storerioides	EM	III, IV	LC	
Thamnophis cyrtopsis		III, IV	LC	A
T. eques		IV, V	LC	A
T. melanogaster	EM	IV	EN	A
T. postremus	EE	II	LC	
T. proximus		I	LC	A
T. pulchrilatus	EM	IV	LC	
T. scalaris	EM	IV	LC	A

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Taxa	Endemismo	Provincia fisiográfica	UICN	NOM-059
T. scaliger	EM	IV, V	VU	A
T. validus	EM	I	LC	
Typhlopidae				
Indotyphlops braminus	NN	II, III, IV	NE	
Viperidae				
Agkistrodon bilineatus		I, II, III	NT	Pr
Crotalus aquilus	EM	IV	LC	Pr
C. armstrongi	EM	IV	NE	
C. basiliscus	EM	I, II, III	LC	Pr
C. culminatus	EM	II	NE	
C. molossus		IV	LC	Pr
C. polystictus	EM	IV	LC	Pr
C. pusillus	EM	III, IV	EN	A
C. tancitarensis	EE	IV	DD	
C. tlaloci	EM	IV	NE	
C. triseriatus	EM	IV	LC	
Porthidium hespere	EM	I	DD	Pr
Testudines				
Cheloniidae				
Chelonia mydas		I	EN	P
Lepidochelys olivacea		I	VU	P
Dermochelyidae				
Dermochelys coriacea		I	VU	P
Emydidae				
Trachemys ornata	NN	I	NE	
Geoemydidae				
Rhinoclemmys pulcherrima		I	NE	A
R. rubida	EM	I, II, III	NT	Pr
Kinosternidae				
Kinosternon hirtipes		IV, V	LC	Pr
K. integrum	EM	I, II, III, IV, V	LC	Pr

Provincias fisiográficas: I: Llanura Costera, II: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, III: Sierra Madre del Sur, IV: Sistema Volcánico Transversal, V: Altiplanicie. Endemismo: EE: endémica al estado, EM: endémica a México, NN: no nativa. Categorización UICN. CR: en peligro crítico, EN: en peligro, VU: vulnerable, NT: casi amenazada, LC: preocupación menor, DD: deficiencia de datos, NE: no evaluada. NOM-059-SEMARNAT-2010. A: amenazada, P: en peligro de extinción, Pr: sujeta a protección especial.
Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Especies representantes de cada una de las familias de anfibios que habitan en Michoacán: a) *Anaxyrus compactilis* (Bufonidae), b) *Craugastor occidentalis* (Craugastoridae), c) *Eleutherodactylus modestus* (Eleutherodactylidae), d) *Trachycephalus typhonius* (Hylidae), e) *Leptodactylus melanonotus* (Leptodactylidae), f) *Hypopachus variolosus* (Microhylidae), g) *Lithobates forreri* (Ranidae), h) *Rhinophrynus dorsalis* (Rhinophrynidae), i) *Spea multiplicata* (Scaphiopodidae), j) *Ambystoma ordinarium* (Ambystomatidae), k) *Isthmura bellii* (Pletodontidae), l) *Dermophis oaxacae* (Caeciliidae). Fotos: Óscar Medina Aguilar (a-g, i-k); Martín Cervantes López (h); Chris Grünwald (l).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Los anfibios y reptiles son eslabones importantes dentro de las redes tróficas, ya sea como depredadores o como presas, ya que juegan un papel clave en el flujo de energía y en el ciclo de nutrientes de hábitats terrestres y acuáticos. Por su condición ectotérmica, tanto anfibios como reptiles son eficientes para transformar el alimento en energía y nutrientes necesarios para la reproducción y el crecimiento (Duellman y Trueb 1994). Los hábitos alimenticios de los anfibios proveen servicios ecológicos relevantes.

Las larvas se alimentan de grandes cantidades de algas que modifican la dinámica de los ecosistemas acuáticos, lo que reduce la tasa natural de eutrofización. Los anfibios adultos y las lagartijas se alimentan en general de grandes cantidades de insectos y otros artrópodos. Debido a esto, y a que sirven de alimento a peces, aves, mamíferos y otros animales, estos organismos juegan un papel fundamental en la trama alimenticia (Duellman y Trueb 1994).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Especies representantes de cada una de las familias de lagartijas (suborden Sauria) que habitan en Michoacán: a) *Bipes canaliculatus* (Bipedidae), b) *Abronia deppii* (Anguidae), c) *Basiliscus vittatus* (Corytophanidae), d) *Anolis nebulosus* (Dactyloidae), e) *Coleonyx elegans* (Eublepharidae), f) *Hemidactylus frenatus* (Gekkonidae), g) *Heloderma horridum* (Helodermatidae), h) *Ctenosaura pectinata* (Iguanidae), i) *Marisora brachypoda* (Mabuyidae), j) *Sceloporus melanorhinus* (Phrynosomatidae), k) *Phyllodactylus duellmani* (Phyllodactylidae), l) *Mesoscincus altamirani* (Scincidae), m) *Sphenomorphus assatus* (Sphenomorphidae), n) *Aspidoscelis calidipes* (Teiidae), o) *Lepidophyma* sp. (Xantusiidae).
Fotos: Óscar Medina Aguilar (a-d, f-h, l-n); Javier Alvarado Díaz (e, i-k); Luis Canseco/Banco de Imágenes CONABIO (o).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Especies representantes de cada una de las familias de serpientes (suborden Serpentes) que habitan en Michoacán: a) *Boa constrictor* (Boidae), b) *Conopsis biserialis* (Colubridae), c) *Pseudoleptodeira latifasciata* (Dipsadidae), d) *Micrurus laticollaris* (Elapidae), e) *Rena bressoni* (Leptotyphlopidae), f) *Loxocemus bicolor* (Loxocemidae), g) *Thamnophis postremus* (Natricidae), h) *Indotyphlops braminus* (Typhlopidae), i) *Crotalus polystictus* (Viperidae), j) *Conophis vittatus* (Xenodontidae). Fotos: Óscar Medina Aguilar (a-c, e-i); Javier Alvarado Díaz (d); Mirian Yanet Torres (j).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Especies representantes de algunas de las familias de tortugas (Testudines) que habitan en Michoacán: a) *Chelonia mydas* (Chelonidae), b) *Dermochelys coriacea* (Dermochelydae), c) *Rhinoclemmys pulcherrima* (Geomydidae), d) *Kinosternon hirtipes* (Kinosternidae). Fotos: Elí García Padilla (a); Eduardo Lugo Cabrera/Banco de Imágenes CONABIO (b); Horacio Barcenas (c); Ricardo Valencia Vargas (d).

FIGURA 5. Especie representante de los cocodrilos (Crocodylia) que habitan en Michoacán: *Crocodylus acutus* (Crocodylidae). Foto: Luis Eduardo Bucio.

Desde la perspectiva económica existen varias vertientes de interés, que van desde el uso medicinal, como es la extracción de más de 300 tipos de alcaloides obtenidos de la piel de los anfibios (p.e. la epidebantina, un analgésico 200 veces más potente que la morfina o la pumiliotoxina, utilizada como estimulante cardiaco; Wells 2007) y la síntesis de medicamentos a partir de veneno de serpientes para controlar la presión arterial, imitando la estructura química del veneno de la serpiente nauyaca (*Bothrops jararaca*), o el control de la diabetes a partir de imitar una molécula química de la saliva del monstruo de Gila (*Heloderma suspectum*; Bond 2006).

Además, los anfibios y reptiles son comercializados para ser usados como mascotas, como alimento, para carnada, piel, joyería y en la enseñanza. Este comercio ha provocado el declive de algunas poblaciones silvestres debido a su extracción excesiva y por la liberación deliberada o accidental de especies fuera de sus áreas de distribución natural, lo que causa el establecimiento de especies invasoras (Gibbons *et al.* 2000, Collins y Crump 2009).

A nivel cultural, tanto anfibios como reptiles forman parte importante del imaginario de los pueblos originarios, ya sea porque muchas especies son consideradas peligrosas o por los mitos y leyendas asociadas con este grupo de organismos. En el caso de las culturas mesoamericanas es frecuente la representación de dei-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

dades como serpientes (Quetzalcóatl) y anfibios (Axolotl). En Michoacán el achoque de Pátzcuaro (*Ambystoma dumerilii*) ha sido utilizado y comercializado desde la época prehispánica con fines alimenticios y para uso medicinal (Bartra 2011).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

De las 224 especies registradas para Michoacán (excluyendo las cuatro especies invasoras), 31 se encuentran consideradas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de amenazadas, 78 en la categoría de protección especial y cuatro en la categoría de en peligro (cuadros 1 y 2; un resumen por familia se presenta en los cuadros 3 y 4). Casi la mitad de las especies registradas para Michoacán (107 especies, 48.6% de las 220 especies nativas) no están consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las especies que no se encuentran protegidas por esta norma incluyen 32 anuros, 25 lagartijas y 50 serpientes.

De acuerdo con el sistema de asignación de riesgo global de la UICN (2014), en Michoacán cuatro especies están clasificadas como en peligro crítico, 10 en peligro, 14 son consideradas vulnerables, cuatro casi amenazadas, 137 en preocupación menor, 27 en deficiencia de datos y 27 no han sido evaluadas (cuadros 1 y 2; un resumen por familia se presenta en los cuadros 3 y 4).

Las especies clasificadas en peligro crítico son cuatro anfibios (*Eleutherodactylus rufescens, Ambystoma amblycephalum, A. andersoni* y *A. dumerilii*).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

A nivel global, las amenazas que potencialmente pueden afectar tanto a anfibios y reptiles se dividen en:

1. Amenazas de clase I o factores que han afectado a la herpetofauna en los últimos 100 años: a) especies exóticas, b) explotación comercial, c) cambio de uso del suelo.

2. Amenazas de clase II o factores que se considera han afectado a la herpetofauna recientemente: a) contaminación ambiental, b) cambio climático global, c) enfermedades infecciosas emergentes (Collins y Crump 2009).

Se cuenta con mayor información sobre los efectos que los factores de clase I ejercen sobre la herpetofauna. A nivel global existen numerosos estudios que registran el declive y extinción de poblaciones de anfibios debido a la introducción de especies exóticas de peces (Hecnar y M´Closkey 1997), por lo tanto, la introducción de especies exóticas como los peces de las familias Cyprinidae, Centrarchidae, Cichlidae y Salmonidae,

CUADRO 3. Especies de anfibios por familia y por categoría de riesgo.

Familia	Especies totales	NOM-059	UICN
Bufonidae	6		6
Craugastoridae	5		5
Eleutherodactylidae	10	4	6
Hylidae	10	3	10
Leptodactylidae	2		2
Microhylidae	2	1	2
Phyllomedusidae	1		1
Ranidae	11	7	10
Rhinophrynidae	1	1	1
Scaphiopodidae	1		1
Ambystomatidae	6	6	6
Plethodontidae	3	3	3
Dermophiidae	1	1	1
Total	**59**	**26**	**54**

Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Especies por familia de reptiles y por categoría de riesgo.

Familia	Especies totales	NOM-059	UICN
Crocodylidae	1	1	1
Bipedidae	1	1	1
Anguidae	5	5	5
Corytophanidae	1		
Dactyloidae	2	1	2
Eublepharidae	1	1	1
Gekkonidae	1		1
Helodermatidae	1	1	1
Iguanidae	3	3	1
Phrynosomatidae	19	5	19
Phyllodactylidae	5	4	5
Scincidae	8	4	7
Teiidae	8	4	8
Xantusiidae	1	1	1
Boidae	1	1	
Colubridae	29	12	25
Dipsadidae	37	18	30
Elapidae	4	2	4
Leptotyphlopidae	4	1	3
Loxocemidae	1	1	1
Natricidae	11	7	11
Typhlopidae	1		
Viperidae	12	7	9
Cheloniidae	2	2	2
Dermochelyidae	1	1	1
Geoemydidae	2	2	1
Kinosternidae	2	2	2
Emydidae	1		
Total	**165**	**87**	**142**

Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2014.

en los lagos y arroyos del Sistema Volcánico Transversal, representan un riesgo para las poblaciones de *Ambystoma* (género en categoría de riesgo, a nivel nacional y global) que habitan estos lugares, como consecuencia de la depredación, competencia y transferencia de patógenos o parásitos (Soto-Rojas 2012, Herrejón-García 2013). La explotación comercial es otro factor que ha mermado algunas poblaciones de anfibios y

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

reptiles. La falta de información sobre la dinámica poblacional de algunas especies ha dificultado determinar niveles sostenibles de cosecha y si la extracción comercial de organismos, como es el caso de la rana *Lithobates megapoda* (considerada en categoría de riesgo a nivel nacional y global) en el lago de Cuitzeo, es un riesgo importante para la sobrevivencia de dicha población. En esa situación también se encuentran dos especies de iguana (*Iguana iguana* y *Ctenosaura pectinata*), de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y de la Llanura Costera (Alvarado-Díaz *et al.* 2013).

Por otra parte, amenazas como el cambio de uso del suelo, que incluye la modificación, fragmentación y destrucción del hábitat, son las principales causas de reducción de la biodiversidad a nivel global (Vitousek *et al.* 1997). La conversión de los hábitats nativos de Michoacán hacia la agricultura, ganadería, desarrollo urbano y extracción forestal es dramática, con disminuciones de cobertura de bosques templados y tropicales de 0.45 a 0.65% anual (de 1976 al 2000; Mas *et al.* 2005). El efecto negativo de estos cambios probablemente es mayor en las especies raras de anfibios y reptiles (especialistas de hábitat, poblaciones pequeñas y de distribución restringida), es decir, en las especies nativas en riesgo. Un ejemplo dramático es el caso de *Ambystoma ambycephalum,* conocido como salamandra de cabeza chata o de Tacícuaro. Esta especie es microendémica a la región de Tacícuaro, municipio de Morelia, fue descubierta por Taylor (1939) y hay escasa información sobre ella.

Aguilar-Miguel (2005) reporta, de acuerdo con registros que van entre 1949 y 1966, que la distribución de esta especie comprende cuatro estados (cuatro localidades para Michoacán, dos para Jalisco, una en Guerrero y una en Guanajuato), lo cierto es que desde 1966 no existe un registro confiable para la salamandra de cabeza chata.

De acuerdo con este autor, la localidad tipo ubicada originalmente en Michoacán ya no existe como hábitat natural y ahora es un desagüe y basurero del pueblo; en las otras tres localidades reportadas para el estado tampoco se registra su hábitat natural, por lo que se piensa que la distribución de la especie es más reducida que la histórica (Aguilar-Miguel 2005).

En intensos esfuerzos de captura realizados hace una década por Huacuz (2001), no se obtuvo ningún ejemplar, por lo que el último registro que se tenía de la salamandra de cabeza chata fue el reportado por Shaffer en 1984, quien realizó un estudio sobre la filogenia del género que muchos autores consideraban casi extinto.

Afortunadamente, en un muestreo de campo realizado el 14 de junio del 2010 por personal del Laboratorio de Herpetología del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, se localizaron 25 individuos de *A. amblycephalum* en una charca temporal denominada El Frijolito, ubicada en la parte oeste de la ciudad de Morelia (Herrejón-García 2013). Ante el redescubrimiento de la especie, en dicho laboratorio iniciaron acciones encaminadas a evaluar el estatus poblacional de la especie, así como el estudio de aspectos de su biología, ello con el fin de implementar acciones de conservación.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

El número de especies endémicas de anfibios y reptiles, ya sea a México o al estado, es elevada (131 son endémicas al país y 21 especies son endémicas al estado) y representa 69.09% de las 220 especies nativas registradas para el estado y 20.4% del total de especies endémicas registradas para el país, por lo que los esfuerzos de conservación para la herpetofauna michoacana deben ser prioritarios.

Michoacán contiene un considerable número de áreas naturales protegidas, por lo que es urgente una evaluación detallada del nivel de protección que ofrecen dichas áreas a la herpetofauna michoacana, así como la detección de nuevas zonas prioritarias para conservar tanto especies endémicas como altos niveles de diversidad (véase Estudio de caso. Análisis de las características de la información disponible para describir los patrones de distribución de la herpetofauna, en esta obra).

Considerando que la agricultura, la tala y el pastoreo son factores primarios que conducen a la eliminación de los ecosistemas y de sus especies residentes, y que los paisajes modificados por el ser humano son los dominantes en el estado, el potencial de protección para estas nuevas áreas requiere ser evaluado (Alvarado-Díaz *et al.* 2013). Asimismo, deben ser diseñadas estrategias de manejo que permitan que la mayor cantidad de especies sobrevivan y permanezcan en estos paisajes alterados, por ejemplo, garantizar la permanencia de parches remanentes de vegetación primaria, de tal manera que se mantengan las condiciones de temperatura y humedad asociadas con doseles cerrados y cobertura de hojarasca (Suazo-Ortuño *et al.* 2008); mantener hábitats riparios en buen estado de conservación, en los paisajes agrícolas incrementar la interconectividad entre los parches de vegetación (Suazo-Ortuño *et al.* 2011) y fomentar el cultivo *ex situ* de especies en peligro de extinción.

Por último, los esfuerzos de conservación deben ir acompañados por programas de educación ambiental dirigidos a todos los grupos de personas, especialmente niños y jóvenes, de tal manera que se involucre a la gente local en la implementación de las estrategias de conservación.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

En Michoacán se han registrado un total de 224 especies de anfibios y reptiles (220 nativas y cuatro no nativas). Las especies nativas de anfibios corresponden a 49 anuros, nueve salamandras y un cecílido. Las especies nativas de reptiles corresponden a 154 escamados, siete tortugas y un cocodrilo. Del total, 33 especies de anfibios son endémicas a México y nueve al estado; 97 especies de reptiles endémicas a México y 12 al estado. Estos datos, y el alto número de especies de anfibios y reptiles registrados en alguna categoría de riesgo, tanto en la norma mexicana como en el libro rojo de la UICN, representan dos de los criterios más importantes que obligan a la toma de acciones para la conservación de estas especies en Michoacán.

Debido al efecto negativo que potencialmente tienen las especies exóticas de peces sobre las poblaciones de especies de *Ambystoma* del Sistema Volcánico Transversal en Michoacán, es importante evaluar esos efectos y regular la introducción deliberada de especies, como el caso de la liberación de truchas (*Oncorhynchus* spp.) en los arroyos de montaña donde el depredador superior de manera natural es la salamandra *Ambystoma ordinarium* (figura 1j).

Debido al riesgo de cosecha no sostenible sobre poblaciones de herpetofauna es importante realizar estudios poblacionales que permitan establecer niveles de cosecha sostenibles para especies como la rana *Lithobates megapoda* en el lago de Cuitzeo, y asegurar el respeto a la normatividad, en el caso de especies protegidas que son extraídas del medio silvestre, como *Iguana iguana* y *Ctenosaura pectinata* (figura 2h).

Ante las altas tasas de destrucción y degradación de los hábitats nativos es recomendable determinar el papel que las áreas naturales juegan en la conservación de la herpetofauna, para lo cual es necesario contar con un inventario actualizado y evaluar el nivel de protección que esas áreas proveen a la población herpetofaunística.

REFERENCIAS

Aguilar-Miguel, X. 2005. *Ambystoma ordinarium*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Centro de Investigación en Recursos Bióticos-Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), México.

Alvarado-Díaz, J., I. Suazo-Ortuño, L.D. Wilson y O. Medina-Aguilar. 2013. Patterns of physiographic distribution and conservation status of the herpetofauna of Michoacán, México. *Amphibian and Reptile Conservation* 7 (1):128-170 (e71).

AmphibiaWeb. En: *<https://amphibiaweb.org/>*, última consulta: 15 de septiembre de 2014.

Antaramián H., E. y G. Correa P. 2003. Fisiografía. En: *Atlas geográfico del Estado de Michoacán*. V. Durán, F. Sevilla, J.M. Espinosa *et al.* (coords.). EDDISA/SEP/UMSNH, México, pp. 42-46.

Bartra, R. 2011. *Axolotiada vida y mito de un anfibio mexicano*. Fondo de Cultura Económica (FCE), México.

Bond, A. 2006. Exenatide (Byetta) as novel treatment option for type e diabetes mellitus. *Baylor University Medical Center Proceedings* 19(3):281-284.

Bowne, D.R. y M.A. Bowers. 2004. Interpatch movements in spatially structured populations: a literature review. *Landscape Ecology* 19(1):1-20.

Brown, W.S. 1993. Biology, status, and management of the timber rattle snake (*Crotalus horridus*): a guide for conservation. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Herpetological Circular* 22:1-72.

Bryson, Jr. R.W., C.W. Linkem, M.E. Dorcas *et al.* 2014. Multilocus species delimitation in the *Crotalus triseriatus* species group (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), with the description of two new species. *Zootaxa* 3826(3):475-496.

Collins, J.P. y M.L. Crump. 2009. *Extinction in our times. Global amphibian decline*. Oxford University Press, Nueva York.

DeMaynadier, P.G. y M.L. Hunter Jr. 2000. Road effects on amphibian movements in a forested landscape. *Natural Areas Journal* 20(1):56-65.

Dorcas, M.E., J.W. Gibbons y H.G. Dowling. 1998. *Seminatrix* Cope. Black swamp snake. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 679:1-5.

Duellman, W.E. y L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Frazer, N.B., J.L. Greene y J.W. Gibbons. 1993. Temporal variation in growth rate and age at maturity of male painted turtles, *Chrysemys picta*. *American Midlands Naturalist* 130:314-324.

Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2013. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.

Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.R. Travis *et al.* 2000. The global decline of reptiles, Déja Vu amphibians. *BioScience* 50:653-666.

Hecnar, S.J. y R.T. M´Closkey. 1997. The effects of predatory fish on amphibian species richness and distribution. *Biological Conservation* 79:123-131.

Herrejón-García, D.A. 2013. *Dieta de la salamandra Ambystoma amblycephalum (Taylor 1940)*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Huacuz E., D.C. 2001. Estado de conservación del género *Ambystoma* en el estado de Michoacán, México. UNAM/UMSNH/SEMARNAT, México.

Janzen, F.J. y C.L. Morjan. 2001. Repeatability of microenvironment-specific nesting behaviour in a turtle with environmental sex determination. *Animal Behaviour* 62:73-82.

Mas, J.F., A. Velázquez y T. Fernández. 2005. Monitoreo de los cambios de cobertura de suelo en Michoacán. En: *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor G. (ed.). CONABIO/SEDUE/UMSNH, México, pp. 204-205.

Ochoa-Ochoa, L.M. y O. Flores-Villela. 2006. *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM/CONABIO, Mexico.

Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2013. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:S460-S466.

Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle *et al.* 2004. *Herpetology*. Prentice Hall, Nueva Jersey.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Semlitsch, R.D. y T.J. Ryan. 1998. Migration, amphibian. En: *The encyclopedia of reproduction*, vol. 3. E. Knobil y J.D. Neill (eds.). Academic Press, Nueva York, pp. 221-227.

Shaffer, H.B. 1984. Evolution in a paedomorphic lineage. 1. An electrophoretic analysis of the Mexican ambystomatid salamanders. *Evolution* 38:1194-1206.

Soto-Rojas, C. 2012. *Uso y selección del microhábitat de la salamandra de montaña Ambystoma ordinarium*. Tesis de maestría. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz y M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblalges. *Conservation Biology* 22:362-374.

——. 2011. Riparian areas and conservation of herpetofauna in a tropical dry forest in western Mexico. *Biotropica* 43(2):237-245.

Taylor, E.H. 1939. New salamanders from Mexico with a discussion of certain know forms. *Science Bulletin* 12:407-439.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. En: *<http://www.iucnredlist.org/>*, última consulta: 13 de septiembre de 2014.

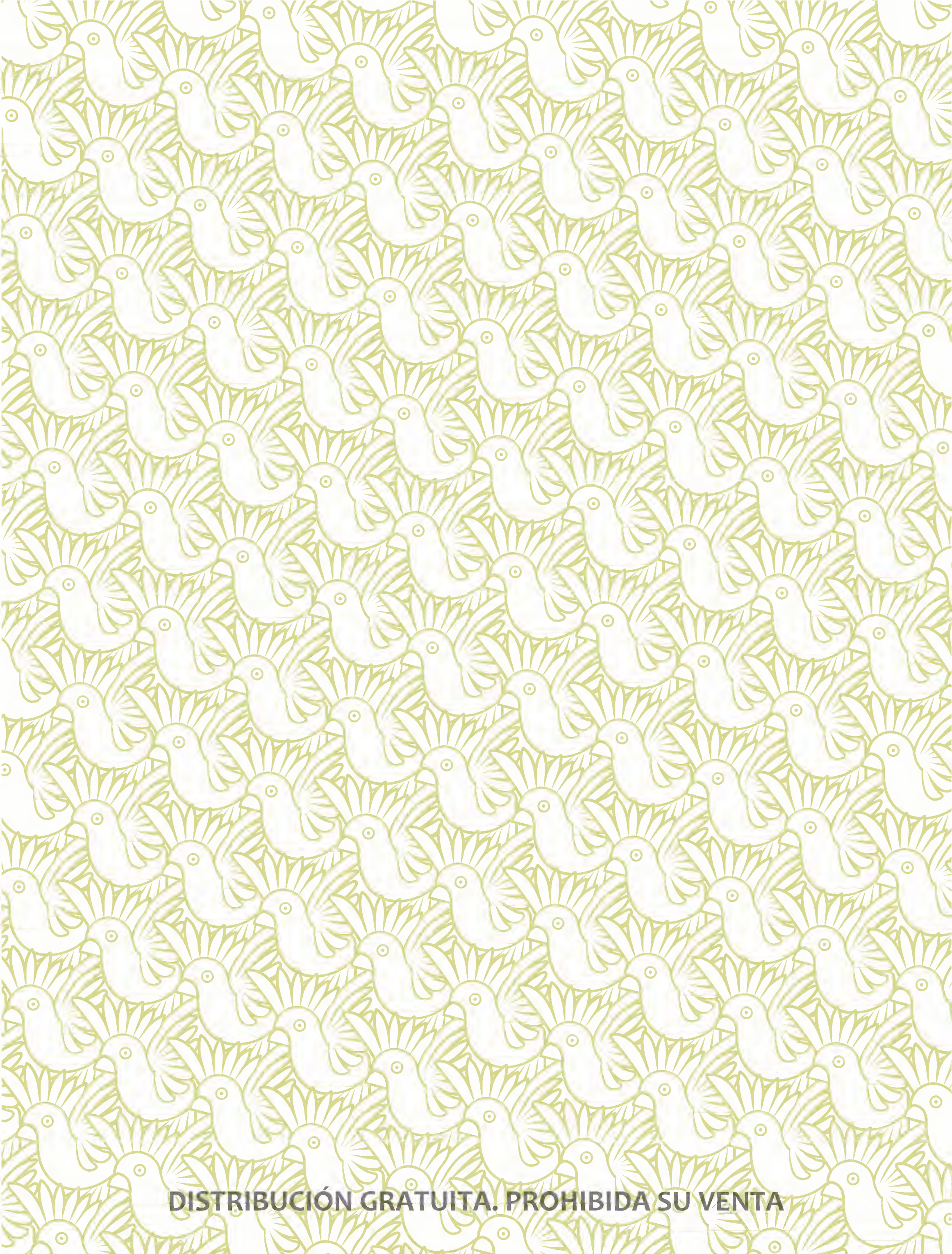
Uetz, P. y J. Hosek (eds.). The reptile database. En: *<http://www.reptile-database.org>*, última consulta: 15 de septiembre de 2014.

Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco y J.M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.

Vitt, L.J., J.P. Caldwell, H.M. Wilbur y D.C. Smith. 1990. Amphibians as harbingers of decay. *BioScience* 40:418.

Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Arribadas y rastreo satelital de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Ixtapilla

GILBERTO REYES MATA, ERNESTO ALBAVERA PADILLA, GUSTAVO ZAMBRANO CABRERA, ROSA EUGENIA SANDOVAL PEREA Y OMAR CHASSIN NORIA

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, las poblaciones de tortugas marinas del mundo han sufrido una reducción con respecto a sus valores históricos (UICN 2013). En el caso específico del Pacífico mexicano se ha reportado esa disminución en las poblaciones anidadoras de tortuga prieta (*Chelonia mydas*; Delgado 2003), tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*; Sarti 2002, Kaplan 2005) y tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), esta última considerada entre las de mayor riesgo en el mundo (Gaos *et al.* 2010).

Sin embargo, la situación de las poblaciones de tortuga golfina (*Lepidochleys olivacea*) es diferente, sobre todo en las playas donde se presentan anidaciones masivas, fenómeno conocido como arribada (Miller 1997). En el Pacífico mexicano se conocen playas en las que en algún momento se presentaron arribadas, como en los estados de Jalisco (Playón de Mismaloya), Guerrero (Tlalcoyunque) y Oaxaca (La Escobilla y Morro Ayuta; Pritchard 2007). En la década de los noventa sólo en las playas de Oaxaca se siguieron registrando arribadas, no obstante, en el verano de 1997 y de manera sorpresiva en Ixtapilla, municipio de Aquila, Michoacán, en una playa de apenas 600 m de longitud los habitantes observaron por primera vez una arribada de tortuga golfina (*L. olivacea*; figura 1).

No se cuenta con información sobre el tamaño de la población al inicio de estas anidaciones masivas, sin embargo, entre 2008 y 2010 se reportaron entre seis y nueve arribadas por año, contabilizando en promedio 30 525 anidaciones por arribada (intervalo 13 998-44 321; Zambrano 2014).

CONSERVACIÓN Y ORIGEN DE LA POBLACIÓN ANIDADORA DE IXTAPILLA

Desde 1993 la población indígena de Ixtapilla se responsabilizó de las actividades de conservación de las tortugas marinas para mantener esta población, con el apoyo esporádico de instituciones de gobierno, educativas y organizaciones no gubernamentales. Desde que se presentaron las primeras arribadas la comunidad indígena se preguntaba cuál era el origen de la población de arribada que reciben cada año, sin que alguna de las organizaciones que han pasado por la comunidad haya logrado resolver esa interrogante.

Una primera evidencia de los movimientos de las tortugas que anidan en Ixtapilla fue detectada el 27 de agosto de 2010, durante las labores de conservación realizadas por la comunidad indígena; en una arribada se registró la anidación de una hembra que fue marcada el 28 de enero de 2008 por colaboradores del programa Restauración de tortugas marinas, de Costa Rica. La tortuga había sido rescatada de un palangre y luego de haberle removido un anzuelo fue liberada al mar, 40 km al suroeste de Punta Burica, en los límites de Costa Rica y Panamá. Esta recaptura demostró un desplazamiento de la tortuga de más de 2 500 km entre ambas localidades, pero no permitió definir el origen de la población de Ixtapilla.

MÉTODOS PARA IDENTIFICAR MOVIMIENTOS MIGRATORIOS DE TORTUGAS MARINAS

Existen programas de marcaje tradicional (marcas metálicas en las aletas) que permiten identificar los patrones migratorios en muchas especies de tortugas marinas (Miller 1997), estos programas, aunque son herramientas poderosas requieren de un tiempo considerable para inferir los movimientos de las tortugas. Sin embargo, este método de marcaje no ha sido implementado en Ixtapilla, dado que el tamaño de la población anidadora (miles de tortugas) requiere un gran esfuerzo para marcar miles de tortugas y luego el seguimiento de las mismas depende en gran medida del aviso de avistamiento de tortugas marcadas, por lo que el proceso para recibir información sobre los movimientos de las tortugas puede tomar meses e incluso años.

Reyes-Mata, G., E. Albavera-Padilla, G. Zambrano Cabrera, R.E. Sandoval Perea y O. Chassin-Noria. 2019. Arribadas y rastreo satelital de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Ixtapilla. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 495-498.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Arribada de tortuga golfina (*L. olivacea*) en la playa Ixtapilla. Fotos: Gustavo Zambrano-Cabrera.

Los análisis genéticos también son una herramienta útil para identificar los movimientos migratorios de las tortugas marinas, permitiendo inferir los procesos de colonización global de estos organismos (Bowen y Karl 2007). Particularmente en las poblaciones de *L. olivacea* del Pacífico mexicano se ha identificado una población panmíctica (con apareamiento al azar y no dividida en subpoblaciones; Bowen *et al.* 1998, López-Castro y Rocha-Olivares 2005), imposibilitando la identificación de poblaciones discretas con características que sugieran el origen de las tortugas que anidan en Ixtapilla.

Otro método es el uso de transmisores satelitales, que permite el registro de movimientos migratorios en tortugas marinas y con esfuerzos importantes en cuanto al número de dispositivos empleados es posible hacer inferencias sobre la demografía y estrategias de forrajeo de las tortugas (Peckham *et al.* 2011). Ese método ha sido empleado en *L. olivacea* del Pacífico mexicano para identificar sus movimientos migratorios; en 1999 se colocaron transmisores a dos hembras anidadoras en la playa La Escobilla (Tonameca, Oaxaca), ambas se dirigieron al sureste; una llegó a Puerto Arista (Tonalá, Chiapas) y ahí se mantuvo hasta que el aparato dejó de transmitir, la segunda llegó a los límites de Guatemala y El Salvador (Vasconcelos *et al.* 2004).

Otro transmisor fue puesto a una hembra apareándose a 198 km de la costa, frente a los límites de Michoacán y Guerrero, esta tortuga realizó un viaje de 618 km hasta La Escobilla, en Oaxaca (Kopitzky *et al.* 2002).

RASTREO SATELITAL EN IXTAPILLA

Con el objetivo de inferir el origen de la población anidadora de Ixtapilla, el 18 de noviembre de 2010, durante una arribada, se seleccionó una hembra con buen estado físico para adherirle un transmisor satelital SPOT 5 Wildlife Computers, con el objetivo de seguir su movimiento, determinar su origen e identificar si en todas las localida-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

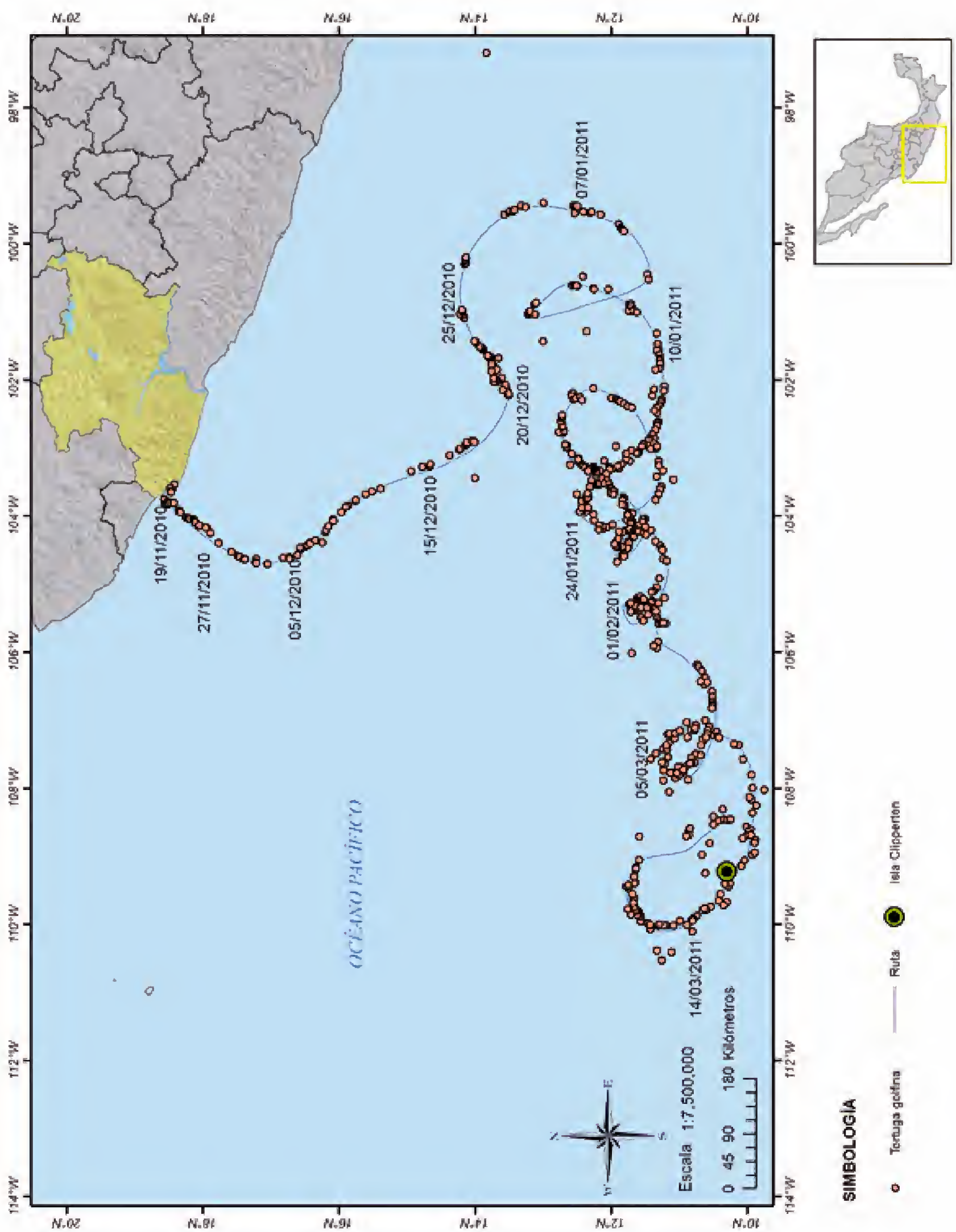


FIGURA 2. Movimiento postanidatorio de una hembra rastreada con un transmisor satelital. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

des que ocupan estas tortugas existen condiciones y legislación adecuada para garantizar su conservación a largo plazo, de lo contrario utilizar esta información para planificar estrategias de conservación.

Se rastrearon los movimientos realizados por la tortuga durante 126 días, en los que recorrió 6 293 km. En el primer mes la hembra se alejó de la costa y a partir del 23 de diciembre mostró una trayectoria de avance en espiral, con un rumbo oeste-suroeste (figura 2). El 24 de marzo fue detectada la última señal del transmisor, después de haber pasado a menos de 20 km de la isla Clipperton, ubicada a 1 000 km de la costa de Michoacán.

La ruta de la tortuga reportada en este trabajo es consistente con los patrones de movimiento de hembras que anidan en Centroamérica, cuando se dirigen al oeste (Morreale *et al.* 2007). Desafortunadamente, no existen evidencias suficientes para sugerir cuál es el origen de la población de hembras anidadoras de la playa Ixtapilla. Sin embargo, es claro que para garantizar la permanencia de esta población se requiere que la comunidad indígena de Ixtapilla mantenga las actividades de conservación, a largo plazo, y asegurar que específicamente las autoridades francesas a quienes pertenece la isla Clipperton garanticen la protección de las tortugas que ocupan sus aguas territoriales.

Por su parte, los indígenas de Ixtapilla seguirán atentos para localizar hembras marcadas en otros sitios y buscarán los medios para colocar nuevos transmisores satelitales e iniciar un programa de marcaje que buscará conocer el origen de las tortugas de Ixtapilla. Esta información será de gran utilidad para diseñar planes de manejo que permitan el mantenimiento de esta población, a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

A las mujeres, niños y hombres de Ixtapilla que mantienen las actividades de conservación. Al proyecto Ciencia Básica del CONACYT (clave 4567, responsable Omar Chassin Noria) con el que se financió la compra del transmisor satelital.

REFERENCIAS

Bowen, B.W. y S.A. Karl. 2007. Population genetics and phylogeography of sea turtles. *Molecular Ecology* 16:4886-4907.

Bowen, B.W., A.M. Clark, F.A. Abreu-Grobois *et al.* 1998. Global phylogeography of the ridley sea turtles (*Lepidochelys* spp.) as inferred from mitochondrial DNA sequences. *Genetica* 101:179-189.

Delgado, C. 2003. *Historia de vida y conservación de la población de tortuga negra (Chelonia agassizii) que anida en Michoacán.* Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Gaos, A.R., F.A. Abreu-Grobois, J. Alfaro-Shigueto *et al.* 2010. Signs of hope in the eastern Pacific: international collaboration reveals encouraging status for a severely depleted population of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata. Oryx-The International Journal of Conservation* 44:595-601.

Kaplan, I.C. 2005. A risk assessment for Pacific leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:1710-1719.

Kopitsky, K., R.L. Pitman y P.H. Dutton. 2002. Reproductive ecology of olive ridleys in the open ocean in the eastern tropical Pacific. En: *Proceedings of the twentieth annual symposium on sea turtle biology and conservation.* A. Mosier, A. Foley A. y B. Brost (comps.). NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-477, Orlando, pp. 90-91.

López-Castro, M.C. y A. Rocha-Olivares. 2005. The panmixia paradigm of eastern Pacific olive ridley turtles revised: consequences for their conservation and evolutionary biology. *Molecular Ecology* 14:3325-3334.

Miller, J.D. 1997. Reproduction in sea turtles. En: *The biology of sea turtles.* P.L. Lutz y J.A. Musick (eds). CRC Press, Inc., Boca Raton, pp. 51-81.

Morreale, S.J., P.T. Plotkin, D.J. Shaver y H.J. Kalb. 2007. Adult migration and habitat utilization. Ridley turtles in their element. En: *Biology and conservation of ridley sea turtles.* P.T. Plotkin (ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 213-229.

Peckham, S.H., D. Maldonado-Diaz, Y. Tremblay *et al.* 2011. Demographic implications of alternative foraging strategies in juvenile loggerhead turtles *Caretta caretta* of the North Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 425:269-280.

Pritchard P., C.H. 2007. Arribadas. I have known. En: *Biology and conservation of ridley sea turtles.* P.T. Plotkin (ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 7-45.

Sarti, M.L. 2002. Current population status of *Dermochelys coriacea* in the Mexican Pacific coast. En: *Proceedings of the western Pacific sea turtle cooperative research and management workshop.* I. Kinan (ed.). Pacific Regional Fishery Management Council, Honolulu, pp. 87-89.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. En: *<http://www.iucnredlist.org>,* última consulta: 21 de diciembre de 2010.

Vasconcelos, P.J., G.H. Balaz, C. Peña-Flores *et al.* 2004. Tracking the migration in oceanic waters of two olive ridley turtles, *Lepidochelys olivacea*, after they nested at La Escobilla beach, Oaxaca, Mexico. En: *Proceedings of the twenty-first annual symposium on sea turtle biology and conservation.* M.S. Coyne y R.D. Clark (comps.). NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-528, Miami, p. 368.

Zambrano, G. 2014. Cuantificación del esfuerzo reproductivo de la tortuga golfina que anida en la playa Ixtapilla. Informe técnico. CONANP, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Los ajolotes michoacanos

CARLOS SOTO ROJAS E IRERI SUAZO ORTUÑO

Más de un tercio de las especies de anfibios se encuentran amenazadas o en peligro de extinción (Stuart *et al.* 2004). Los esfuerzos para entender este alarmante declive se han centrado sobre todo en los anuros (sapos y ranas) y se ha puesto poca atención sobre las especies de salamandras (Rovito *et al.* 2009), posiblemente debido a que estos organismos son más difíciles de observar.

DESCRIPCIÓN

Los ajolotes, también llamados achoques, achoqui o *achójki*, por el pueblo purépecha (Velarde 2011), son conocidos por su morfología peculiar, ya que tienen branquias externas y ramificadas que salen hacia atrás de la base de la cabeza, en su estado larvario, y pierden esas branquias cuando sufren metamorfosis (figura 1). En general su piel es lisa, en casi todo el cuerpo, y presentan pliegues de cada lado; tienen una cabeza robusta, ancha y plana que contrasta con el resto del cuerpo que es más alargado, sus ojos son pequeños y no tienen párpados. El periodo de reproducción y puesta de huevos de esta familia es variable, pero en general depositan sus huevecillos en la temporada invernal (Huacuz 2002, Soto-Rojas 2012).

Habitan en lagos, lagunas, ríos perennes e intermitentes y zonas terrestres, en donde predomina la humedad. Todos los ajolotes presentes en Michoacán se ubican en el Sistema Volcánico Transversal. Las especies que habitan estrictamente cuerpos de agua lénticos son *Ambystoma andersoni* (figura 1b), en el lago de Zacapu, y *A. dumerilii,* en el lago de Pátzcuaro (figura 1c), y se consideran organismos paedomórficos estrictos, es decir, han perdido su capacidad para transformarse y salir al medio terrestre. *A. amblycephalum* (figura 1a) habita en la región de Tacícuaro, en Morelia, *A. ordinarium* (figura 1d) en los arroyos de montaña del Sistema Volcánico Transversal, *A. rivulare* (figura 1e) habita en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y *A. velasci* en el Bajío michoacano (figura 1f); todas ellas viven en cuerpos de agua lóticos perennes o intermitentes, además pueden sufrir metamorfosis y perder las branquias (paedomórficos facultativos), lo que les permite salir del medio acuático e invadir el medio terrestre (Duellman y Trueb 1994).

En la entidad, *A. ordinarium, A. rivulare* y *A. velasci* son endémicas a México, mientras que *A. dumerilii, A. andersoni* y *A. amblycephalum*, son microendémicos al estado, lo que significa que solo están presentes en estos sitios y no se encuentran en ninguna otra parte del mundo (Shaffer 1989).

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

En México se han registrado 137 especies de salamandras pertenecientes a cuatro familias: Ambystomatidae (ajolotes), Plethodontidae (salamandras sin pulmones), Salamandridae (salamandras) y Sirenidae (sirenios), de las cuales 87 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. De las cuatro familias de salamandras mexicanas, en Michoacán únicamente se encuentran representadas dos: Plethodontidae que presenta salamandras apulmonadas y está constituida por tres especies: *Isthmura belli*, *P. leprosa* y *P. longicauda*; y Ambystomatidae integrada por seis especies de ajolotes. Las seis especies de ambystomas presentes en Michoacán se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación de la UICN y la NOM-059-SEMARNAT-2010 (cuadro 1; figura 1).

IMPORTANCIA DE LOS AJOLOTES

La importancia biológica de estos organismos endémicos se suma a su riqueza cultural, ya que son animales enigmáticos y sorprendentes que han formado parte de la cultura mexicana, como deidades, alimento y medicina, desde antes de la Conquista hasta la actualidad.

Estos organismos forman parte de diversos mitos, entre los cuales se puede mencionar que los aztecas consideraban que el axólotl era la encarnación de un dios prehispánico que le tiene miedo a la muerte y quiere escapar de ella mediante sus poderes de transformación; en algunas leyendas nahuas se cuenta que había un dios malvado que presumía y hacía cosas malas a los hombres y a los dioses, entonces los dioses decidieron deshacerse de él y enviarlo al inframundo, para que de ahí no

Soto-Rojas, C. e I. Suazo-Ortuño. 2019. Los ajolotes michoacanos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 499-502.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Ajolotes de Michoacán: a) *Ambystoma amblycephalum*, b) *A. andersoni*, c) *A. dumerilii*, d) *A. ordinarium*, e) *A. rivulare*, f) *A. velasci*. Fotos: Óscar Medina Aguilar.

pudiera salir, pero sin que se dieran cuenta el dios malvado los escuchó y decidió esconderse en el lago de Pátzcuaro para que no lo encontraran, entonces fue como surgió el achoque (Velarde 2011).

Asimismo, a pesar de que no se han comprobado sus efectos, los ajolotes se utilizan para curar diversas afecciones, en particular las relacionadas con las enfermedades respiratorias y «la tristeza» (Velarde 2011). Los ambystomas son considerados depredadores importantes y consumidores generalistas, ya que pueden alimentarse de casi cualquier presa que puedan atrapar y engullir (Shaffer 1989), desde pequeños peces, artrópodos acuáticos y terrestres, hasta larvas de moscos, arañas, grillos, lombrices, huevos y larvas de otros anfibios

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Listado de las especies de ambistomas y su estado de conservación.

Especie	Nombre común	Endemismo	Estado de conservación	
			UICN (2014)	NOM-059-SEMARNAT-2010
Ambystoma amblycephalum	Ajolote o salamandra	Michoacán	CR	Pr
A. andersoni	Ajolote, achoque de Zacapu	Michoacán	CR	Pr
A. dumerilii	Ajolote, achoque de Pátzcuaro	Michoacán	CR	Pr
A. ordinarium	Ajolote de montaña, ajolote o salamandra de arroyo	México	EN	Pr
A. rivulare	Ajolote	México	DD	A
A. velasci		México	LC	Pr

A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial, CR: en peligro crítico, EN: en peligro, DD: deficiencia de datos.
Fuente: elaboración propia.

(Duellman 1961, Huacuz 2002, Alvarado-Díaz *et al.* 2003), incluso se ha reportado que estos organismos se comen entre sí, por lo que también son considerados caníbales (Lemos *et al.* 1999, Soto-Rojas 2012).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Estos organismos enfrentan diversas amenazas, como la pérdida y contaminación de su hábitat, depredación por animales introducidos, extracción para consumo, muerte por infecciones de hongos, y los efectos colaterales del calentamiento global, entre otros (Blaustein *et al.* 1994, Huacuz 2002, Stuart *et al.* 2004, Velarde 2011, Soto-Rojas 2012). Estas amenazas, sumadas a la falta de información sobre la biología y el estado de conservación actual de las especies que habitan en Michoacán, presentan un panorama crítico para la supervivencia de los ambistomas.

Es necesario desarrollar e implementar acciones de manejo y conservación que garanticen su persistencia, por ejemplo, el saneamiento de los cuerpos de agua donde estas especies habitan, así como la prohibición total de su captura con fines comerciales y de autoconsumo, ya que, por ejemplo, en la región de la meseta purépecha se continúa con el saqueo desmedido de esas especies.

Por otro lado, es urgente que las agencias gubernamentales financien proyectos de investigación que permitan evaluar el tamaño y estado actual de las poblaciones de estas especies, así como las condiciones en que se encuentran los cuerpos de agua y los hábitats en los que ocurren.

REFERENCIAS

Alvarado-Díaz, J., P. García e I. Suazo-Ortuño. 2003. Food habits of a paedomorphic population of the Mexican salamander, *Ambystoma ordinarium* (Caudata: Ambystomatidae). *The Southwestern Naturalist* 48:100-102.

Blaustein, A.R., D.B. Wake y W.P. Sousa. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8:60-71.

Duellman, W.E. 1961. The amphibians and reptiles of Michoacán México. *University of Kansas Publications Musseum of Natural History* 15:1-148.

Duellman, W.E. y L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians*. Johns Hopkins University, Baltimore.

Huacuz, E.D. 2002. Programa de conservación y manejo de *Ambystoma dumerilii*, el achoque del lago de Pátzcuaro. UMSNH/FMCN/SEMARNAT, México.

Lemos, J.A., G.R. Smith, R.E. Ballinger y A. Ramírez. 1999. Status of protected endemic salamanders (Ambystoma: Ambystomatidae: Caudata) in the transvolcanic belt of México. *British Herpetological Society Bulletin* 68:1-4.

Rovito, S.M., G. Parra-Olea, C.R. Vázquez-Almazán *et al.* 2009. Dramatic decline in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of National Academy of Sciences* 109:3231-3236.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Shaffer, H.B. 1989. Natural history, ecology, and evolution of the mexican "axolotls". *Axolotl Newsletter* 18:5-11.

Soto-Rojas, C. 2012. *Uso y selección del microhábitat de la salamandra de montaña, Ambystoma ordinarium*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

Stuart S., N., J.S. Chanson, N.A. Cox *et al.* 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783-1786.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. Red List of Threatened Species. Version 2013. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 21 de abril de 2013.

Velarde, M.T. 2011. *Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (Ambystoma dumerilii) del lago de Pátzcuaro, Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Los crotalinos

LAURA ANGÉLICA BRISEÑO CÁZARES

DESCRIPCIÓN

Los integrantes de la subfamilia Crotalinae son serpientes venenosas que pertenecen a la familia Viperidae, se distinguen por la presencia de una foseta loreal termorreceptora, localizada a cada lado de la cabeza, entre el nostrilo y el ojo. Son serpientes con cuerpo grueso, escamas quilladas y cabeza generalmente grande y de forma triangular. Los miembros de Crotalinae tienen el sistema más perfeccionado de inoculación de veneno, conocido como dentición solenoglifa (Klauber 1972), que indica que sus colmillos están situados en la porción delantera de la mandíbula superior, son alargados y curvos, y tienen un conducto interno por donde se conduce el veneno de tipo hemotóxico, es decir, con efectos anticoagulantes y hemorrágicos que alteran la permeabilidad vascular y suelen provocar lesiones en músculo estriado y necrosis de tejidos debido a sus propiedades miotóxicas y proteolíticas; algunas especies como *Crotalus scutulatus* y *C. culminatus,* además presentan componentes neurotóxicos en su veneno (Campbell y Lamar 1989, Rubio 2010, Gil-Alarcón *et al.* 2011, Gutiérrez *et al.* 2011).

Dentro del grupo de los crotalinos se encuentran serpientes como las víboras de cascabel (géneros *Crotalus* y *Sistrurus*), las nauyacas (géneros *Bothrops, Bothriechis* y *Porthidium*), los cantiles (género *Agkistrodon*) y la víbora cornuda (géneros *Ophryacus* y *Mixcoatlus*). Las serpientes de los géneros *Crotalus* y *Sistrurus* poseen un apéndice córneo localizado en el extremo de la cola, que agitan rápidamente sobre todo cuando se sienten amenazadas.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

México posee más especies de crotalinos que cualquier otro país en el mundo (Greene y Campbell 1992). De acuerdo con Wilson *et al.* (2013), en México existen 59 especies distribuidas en 10 géneros. Liner (2007) y Wilson *et al.* (2013) reconocen 35 especies que corresponden sólo al género *Crotalus*. Recientemente se elevó *C. triseriatus armstrongi* a nivel de especie, quedando como *C. armstrongi,* además se reconocieron dos especies nuevas *C. tlaloci* y *C. campbelli* (Bryson *et al.* 2014) por lo que el total de especies de *Crotalus* en México asciende a 38.

En Michoacán se encuentran 12 especies de crotalinos: la cascabel ocelada o punta de lanza (*C. polystictus*), la cascabel cola negra (*C. molossus nigrescens*), la cascabel oscura mexicana (*C. triseriatus*), la cascabel de bandas del Tancítaro (*C. tancitarensis*), la cascabel del Tancítaro (*C. pusillus*), las víboras de cascabel (*C. aquilus, C. armstrongi* y *C. tlaloci)*, la cascabel de la costa (*C. basiliscus*), la cascabel neotropical (*C. culminatus*), el cantil o gamarrilla (*Agkistrodon bilineatus*) y la colmillo de puerco o nauyaca (*Porthidium hespere*); una de ellas con distribución exclusiva en el estado y nueve endémicas al país (cuadro 1).

Al interior del estado, en la región correspondiente al Sistema Volcánico Transversal se registran ocho especies de crotalinos; en la Sierra Madre del Sur y en la Llanura Costera se reportan cuatro respectivamente, en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec se localizan tres especies, mientras que en la Altiplanicie se registran dos. Las dos especies con distribución natural más restringida en el estado son *Porthidium hespere,* registrada sólo para la Llanura Costera, y *Crotalus tancitarensis*, especie microendémica registrada en el cerro de Tancítaro, en el Sistema Volcánico Transversal (Armstrong y Murphy 1979, Huacuz 1995, Briseño 2004, Alvarado y Campbell 2004, Alvarado y Suazo 2006, Alvarado *et al.* 2013, Bryson *et al.* 2014).

IMPORTANCIA

Los crotalinos son uno de los grupos de reptiles más sobresalientes en términos biológicos, ecológicos, culturales y económicos. México se considera centro de origen de las serpientes de cascabel (Klauber 1972, Green 1997) y se reconoce particularmente a la porción centronorte del país como el área ancestral para las serpientes del género *Crotalus* (Place y Abramsom 2004).

Las serpientes constituyen un eslabón importante dentro de las redes tróficas, y por lo tanto son necesarias para mantener el funcionamiento óptimo de los ecosistemas donde habitan. Muchas especies se ali-

Briseño Cázares, L.A. 2019. Los crotalinos. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 503-506.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Listado de especies de crotalinos, presencia en provincias fisiográficas y endemismo.

Nombre científico	Provincias fisiográficas					Endemismo	
	LLC	SMS	DBT	SVT	A	EE	EN
Agkistrodon bilineatus	•	•	•				
Crotalus aquilus				•	•		•
C. armstrongi				•			•
C. basiliscus	•	•	•				•
C. culminatus	•	•	•				
C. molossus				•			
C. polystictus				•	•		•
C. pusillus		•		•			•
C. tancitarensis				•		•	•
C. tlaloci				•			•
C. triseriatus				•			•
Porthidium hespere	•						•

Provincias fisiográficas: LLC: Llanura Costera, SMS: Sierra Madre del Sur, DBT: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, SVT: Sistema Volcánico Transversal, A: Altiplanicie, EE: endemismo estatal, EN: endemismo nacional.
Fuente: Armstrong y Murphy 1979, Huacuz 1995, Briseño 2004, Alvarado *et al.* 2013, Bryson *et al.* 2014.

mentan principalmente de roedores, por lo que desempeñan también un papel importante en el control de estas poblaciones (Greene 1997).

En la historia de México existen diversas manifestaciones del culto y admiración hacia los crotalinos, tal es el caso de Quetzalcóatl, la serpiente emplumada, una de las máximas deidades para los toltecas, olmecas, mixtecas y aztecas, conocido también por los mayas como Kukulkán (Florescano 2004). En el escudo nacional mexicano se encuentra a un águila devorando a una serpiente sobre un nopal, señal que siguieron los aztecas al salir de Aztlán para fundar su nueva ciudad (Uchmany 1978).

Tradicionalmente, en algunas comunidades rurales ciertas especies de víboras de cascabel se consumen como alimento; la piel también es muy apreciada para elaborar artículos diversos y existe la creencia de que la carne de víbora de cascabel, seca o en cápsulas, posee propiedades medicinales. Sin embargo, el verdadero potencial biomédico de estos ejemplares radica en su veneno, del cual se han aislado componentes con propiedades anticoagulantes que son utilizados para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Actualmente, se realizan investigaciones sobre las propiedades de ciertas proteínas y enzimas del veneno de vipéridos, encontrando en ellas funciones analgésicas, antiinflamatorias e inhibitorias del crecimiento de células cancerígenas (Escoubas y King 2009, Selistre-de-Araujo *et al.* 2010).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Ocho de las 12 especies de crotalinos distribuidas en Michoacán se encuentran en la lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales una corresponde a la categoría amenazada, seis a la de sujetas a protección especial y siete no han sido evaluadas (SEMARNAT 2010; cuadro 2). De acuerdo con la UICN, cinco especies están catalogadas como preocupación menor, una especie considerada casi amenazada, una especie en peligro, dos con datos insuficientes y cinco como especie no evaluada (UICN 2014; cuadro 2).

AMENAZAS Y ACCIONES PARA SU CONSERVACIÓN

La mayor amenaza para las poblaciones de crotalinos es la pérdida de hábitat por cambio de uso del suelo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Lista de crotalinos distribuidos en Michoacán, presentes en la NOM-059 y en la Lista roja de las especies de la UICN.

Nombre científico	NOM-059	UICN 2014
Agkistrodon bilineatus	Pr	NT
Crotalus aquilus	Pr	LC
C. armstrongi		NE
C. basiliscus	Pr	LC
C. culminatus		NE
C. molossus	Pr	LC
C. polystictus	Pr	LC
C. pusillus	A	EN
C. tancitarensis		DD
C. tlaloci		NE
C. triseriatus		LC
Porthidium hespere	Pr	DD

A: amenazada, Pr: sujeta a protección especial, NE: no evaluada, LC: preocupación menor, NT: casi amenazada, EN: en peligro, DD: datos insuficientes.
Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2014.

(Greene y Campbell 1992). El crecimiento urbano y la expansión agrícola y ganadera suelen ocasionar serios daños a las poblaciones residentes. La sobreexplotación, la remoción o eliminación directa, por considerarlos animales peligrosos, y la captura de ejemplares vivos por coleccionistas, son algunos de los factores que afectan su sobrevivencia (Klauber 1972, Sigala y Vázquez 1996, Weidensaul 1998, Greene y Campbell 1992, Whitfield *et al.* 2000).

Las especies de crotalinos más vulnerables son aquellas con distribución restringida y hábitos especializados (Greene y Campbell 1992), por lo tanto, se considera importante realizar la evaluación del estado de conservación de *C. tancitarensis,* así como actualizar el de *P. hespere,* debido a que son especies de distribución restringida que poseen además rasgos de vulnerabilidad biológica, como son especificidad de hábitat y bajo potencial reproductivo (Briseño 2004). Estas dos especies y *C. pusillus* son los crotalinos de mayor vulnerabilidad, de acuerdo con el sistema de evaluación desarrollado por Wilson y Jhonson en 2010, y aplicado por Alvarado *et al.* (2013) para conocer la situación de la herpetofauna de Michoacán.

La provincia fisiográfica con mayor diversidad de crotalinos en Michoacán es el Sistema Volcánico Transversal (Alvarado *et al.* 2013), por lo cual es recomendable dirigir esfuerzos de protección y conservación del hábitat en esta región, y particularmente en el cerro de Tancítaro. Además, es importante considerar a la zona de Infiernillo, en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y Aquila-Coahuayana, en la costa de Michoacán, con la finalidad de incluir a todas las especies de crotalinos presentes en el estado bajo un esquema de conservación (Briseño 2004).

Aun cuando los crotalinos no son especies carismáticas y pueden representar un riesgo potencial, debido a su veneno, forman parte del patrimonio biológico y cultural, además contribuyen notablemente al mantenimiento de los procesos ecológicos y evolutivos, y poseen un valor de uso real y potencial para el ser humano, por lo que es indispensable promover acciones de conservación a nivel local, regional y nacional, que impulsen el avance en el conocimiento biológico de las especies, además de realizar monitoreo de las poblaciones y evaluaciones periódicas dentro de su área de distribución, estableciendo medidas de protección del hábitat y desarrollando estrategias educativas que promuevan la valoración y el reconocimiento de estas especies, buscando así desvanecer la gran cantidad de mitos y falsas creencias que existen en torno a ellas, y rescatando los aspectos culturales que posicionan a las serpientes como arquetipos importantes de la identidad mexicana.

REFERENCIAS

Alvarado D., J. y J. Campbell. 2004. A new montane rattlesnake (Viperidae) from Michoacán, México. *Herpetologica* 2:281-286.

Alvarado D., J. e I. Suazo O. 2006. *Reptiles venenosos de Michoacán.* Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales de Michoacán. UMSNH, Morelia.

Alvarado D., J., I. Suazo O., L.D. Wilson y O. Medina A. 2013. Patterns of phisiographic distribution and conservation status of the herpetofauna of Michoacán, México. *Amphibian and Reptiles Conservation* 7(1):128-170.

Armstrong, B. y J. Murphy. 1979. *The natural history of mexican rattlesnakes.* University of Kansas Publications Museum of National History, EUA.

Briseño, C.L. 2004. *Conservación de los crotalinos en Michoacán: situación actual y áreas prioritarias.* Tesis de maestría en conservación y manejo de recursos naturales. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Bryson, R.W. Jr., C.W. Linkem, M.E. Dorcas *et al.* 2014. Multilocus species delimitation in the *Crotalus triseriatus* species group (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) with the description of two new species. *Zootaxa* 3826(3):475-496.

Campbell, J. y W. Lamar. 1989. *Venomous reptiles of Latin America*. Cornell University Press, Ithaca.

Campbell, J. y O. Flores-Villela. 2008. A new long-tailed rattlesnake (Viperidae) from Guerrero, México. *Herpetologica* 64(2):246-257.

Escoubas, P. y G. King. 2009. Venomics as a drugs discovery plataform. *Expert Review Proteomics* 6(3):221-224.

Florescano, E. 2004. *Quetzalcóatl y los mitos fundadores de Mesoamérica*. Taurus, México.

Gil-Alarcón, G., M.C. Sánchez-Villegas y V. Reynoso. 2011. Tratamiento prehospitalario del accidente ofídico: revi-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

sión, actualización y problemática actual. *Gaceta Médica de México* 147:195-208.

Greene, H.W. 1997. *Snakes, the evolution of mystery in nature.* University of California Press, Berkeley y Los Ángeles.

Greene, H.W. y J.A. Campbell. 1992. *The future of the pitvipers in biology of the Pitviper.* J. Campbell y E. Brodie Jr. (eds.). Selva, Texas.

Gutiérrez, J.M., B. Lomonte, A. Rucavado y F. Chaves. 2011. Venenos de las serpientes de la familia viperidae en América: bioquímica y fisiopatología. En: *Emergencias por animales ponzoñosos en las Américas.* Instituto Bioclon S.A. de C.V./Laboratorio Silanes S.A. de C.V./CONACYT, México, pp. 461-488.

Huacuz, E.D. 1995. *Serpientes del estado de Michoacán.* Tesis de maestría. UNAM, México.

Klauber, M.L. 1972. *Rattlesnakes: their habits, life histories and influence on mankind. Vols. I y II.* University of California Press, Berkeley y Los Ángeles.

Liner, E. 2007. A check list of the amphibians and reptiles of México. *Occasional Papers of the Museum of Natural Science* 80:1-60.

Place A. y C. Abramsom. 2004. A quantitative analysis of the ancestral area of rattlesnakes. *Journal of Herpetology* 38(1):152-156.

The Reptil Database. 2014. En: *<http://www.reptile-database.org/>*, última consulta: 17 de octubre de 2014.

Rubio, M. 2010. *Rattlesnakes of the United States and Canada.* Eco Herpetological Publishing and Distribution, EUA.

Selistre-de Araujo H., S., C.L. Pontes, C.F. Montenegro y A.C. Martin. 2010. Snake venom disintegrins and cell migration. *Toxins* 2:2606-2621.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sigala R., J. y J. Vázquez. 1996. *Serpientes venenosas de Aguascalientes.* Cuaderno de Trabajo núm. 56. Cuadernos de Trabajo, Serie de Agricultura y Recursos Naturales. Gobierno del Estado de Aguascalientes, México.

Uchmany, E.A. 1978. Huitzilopochtli, dios de la historia de los azteca-mexitin. En: *<http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn13/194.pdf>*, última consulta: 29 de junio de 2018.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Red List of Threatened species. Versión 2014. En: *<http://www.iucnredlist.org/>*, última consulta: 17 de octubre de 2014.

Weindensaul, S. 1998. *Serpientes del mundo.* Susaeta Ediciones S.A., Singapur.

Whitfield, G.J., D. Scott, T. Ryans *et al.* 2000. The global decline of reptiles, Dèjá Vu Amphibians. *BioScience* 8:653-666.

Wilson L.D., V. Mata-Silva y J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptiles Conservation* 7(1):1-47.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Análisis de las características de la información disponible para describir los patrones de distribución de la herpetofauna

BARUSH ALÍ MONTEJANO VALDIVIA, EDUARDO MENDOZA, BISBRIAN ALHELÍ NAVA GONZÁLEZ, ARTURO JONATAN TORRES PÉREZ COETO, IRERI SUAZO ORTUÑO Y JAVIER ALVARADO DÍAZ

INTRODUCCIÓN

Uno de los atributos más distintivos y característicos de una especie es su patrón de distribución geográfico, ya que es reflejo de la interacción de procesos evolutivos, interacciones ecológicas e incluso del impacto humano (Silva-López y Abarca 2009, Mwambo 2010). El conocimiento de este patrón es fundamental para realizar diferentes estudios que van desde los teóricos y conceptuales (p.e. análisis biogeográficos y macroecológicos) hasta los aplicados (evaluaciones del estado de conservación). Dada la larga historia de los trabajos enfocados a realizar inventarios biológicos (González-Romero y Álvarez-Cárdenas 1989, Townsend *et al.* 2004, Medina-Aguilar *et al.* 2011), es posible suponer que existe información suficiente para describir con fidelidad los patrones de distribución de la mayoría de las especies. Sin embargo, la evidencia indica que la información disponible es fragmentada y con un fuerte sesgo hacia algunos grupos biológicos y ecosistemas (De Giovanni *et al.* 2012).

En particular, la información existente para las regiones tropicales es escasa, a pesar de que estas zonas son las más biodiversas y amenazadas por las actividades humanas. Por otra parte, entre los grupos taxonómicos donde la ausencia de información es particularmente marcada destaca la herpetofauna (Cayuela *et al.* 2009).

Como parte de un proyecto más amplio encaminado a describir los patrones de distribución potencial de la herpetofauna en Michoacán, se realizó un trabajo de recopilación y análisis de los registros de distribución de la herpetofauna en el estado.

FUENTES DE ORIGEN DE LOS REGISTROS

Se realizó una búsqueda amplia de todas las posibles fuentes de información sobre registros de presencia de herpetofauna en Michoacán. La búsqueda incluyó bases de datos provenientes de instituciones nacionales, como Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de la CONABIO, Colección de Anfibios y Reptiles del Laboratorio de Herpetología del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (LH-INIRENA) de la UMSNH, Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM, Departamento de Zoología de la Escuela Nacional del IPN, Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, e instituciones internacionales como AmphibiaWeb, Global Biological Information Facility (GBIF), Herpetological Network (HerpNET), Museo de Historia Natural de Gran Bretaña, Museo de la Universidad de Michigan, Museo de la Universidad de Texas, Departamento de Herpetología del Museo Americano de Historia Natural. Además, se consultaron tesis, reportes y artículos científicos. Cabe destacar que se encontró repetición de la información contenida en las distintas bases de datos, siendo las más completas las provenientes del SNIB de la CONABIO y de la Colección de Anfibios y Reptiles del LH-INIRENA. Por lo tanto, este estudio se concentra en la información derivada de esas dos bases de datos.

CONSTRUCCIÓN DE BASES DE DATOS DE REGISTROS DE HERPETOFAUNA

Se recopilaron un total de 6 201 registros de presencia de herpetofauna, 1 025 correspondientes a anfibios y 5 176 a reptiles. De esos registros, 84% provino del SNIB y 16% del LH-INIRENA. Dado que el objetivo de esta base de datos es utilizarla para generar modelos de distribución potencial de las especies, los registros se sometieron a un proceso de revisión para asegurar que pueden ser utilizados posteriormente con dicho fin. Ese proceso de revisión se describe a continuación.

El total de los registros provenientes del SNIB contaron con georreferencia, mientras que 60% de los

Montejano-Valdivia, B., E. Mendoza, B. Nava-González, J. Torres-Pérez-Coeto, I. Suazo-Ortuño y J. Alvarado-Díaz 2019. Análisis de las características de la información disponible para describir los patrones de distribución de la herpetofauna. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 507-512.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

registros del LH-INIRENA carecieron de ésta. El vacío de información limita la utilidad de ciertos registros en estudios donde es necesario conocer con precisión en dónde han sido registradas las especies. Si bien es posible utilizar algunos programas para tratar de obtener la georreferencia a partir de información de las localidades cercanas a donde se obtuvo el registro, existe el riesgo que la precisión de la georreferencia obtenida sea menor a la de las capas de información utilizadas en el modelado (generalmente 1 km^2).

Una proporción importante de los registros provenientes del SNIB (56%) tuvieron una fecha de colecta previa al año 1950, lo que disminuyó su utilidad en el modelado de distribución de especies, ya que las variables climáticas que de manera estándar se utilizan en ese proceso fueron creadas utilizando datos climatológicos del periodo 1950-2000 (Hijimans *et al.* 2005). Los registros del LH-INIRENA no presentaron problemas en ese sentido, ya que fueron colectados en su totalidad a partir de 1993. Por otra parte, 21% de los registros del SNIB requirieron que su nomenclatura taxonómica fuera revisada o actualizada, lo que no fue necesario en el caso de los datos provenientes del LH-INIRENA, ya que en ese caso la nomenclatura está sujeta a revisión periódica.

Como resultado de la depuración de la información se obtuvo una base de datos de 1 661 registros (figura 1). Esto representa 27% de los datos recabados originalmente, sin embargo, aún incluye 72% de las especies de anfibios y 63% de las de reptiles reportadas para el estado.

La provincia fisiográfica donde se concentró el mayor número de registros (80%) fue el Sistema Volcánico Transversal (cuadro 1). Por otra parte, 58% se localizó dentro de algunas de las ANP existentes en el estado, siendo la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca la que concentró el mayor número (37%, figura 1). Por otra parte, se observó gran concentración de registros de la herpetofauna cerca de las principales vías de comunicación del estado, ya que 92% de los registros estuvieron localizados a una distancia máxima de 3.5 km de los caminos principales (figura 2).

Si bien existe un número relativamente alto de registros de herpetofauna para Michoacán, un análisis detallado revela que gran parte de esa información tiene características que pueden limitar su uso para el modelado de distribución de especies. Existe, además, variación en la disponibilidad de registros entre grupos (anfibios contra reptiles) y entre especies dentro de grupos. Por ejemplo, en el caso de los reptiles la especie que presentó el mayor número de registros fue *Sceloporus grammicus* (especie de lagartos también conocidos como roños) con 350, mientras que de los anfibios la especie con mayor cantidad de registros fue *Hyla eximia* (ranita verde) con tan sólo 36 (figura 3). En contraste, gran número de especies presentan muy bajos registros, por ejemplo, en los reptiles la especie *Sceloporus grammicus* tuvo 350 registros, mientras que en los anfibios la especie *Craugastor pygmaeus* presentó un registro (figura 3). En general se encontró que el número promedio de registros por especie fue bajo (ocho en anfibios y 16 en reptiles).

Existen casos donde la escasez de registros puede interpretarse porque las especies son naturalmente raras o de distribución muy restringida; sin embargo, se sabe que algunas especies de las que existe poca información son de distribución relativamente amplia dentro del estado, ello permite suponer que hay carencia de trabajo de campo que documente su presencia (Ramírez-Bautista *et al.* 2009).

Por otra parte, es evidente que los esfuerzos para colectar información sobre la presencia de herpetofauna han estado influidos por aspectos como la accesibilidad a los sitios de muestreo, eso resulta evidente por el hecho de que la mayor proporción de registros de la herpetofauna está muy próxima a las carreteras. Otro aspecto en el que se manifiesta la variación en la disponibilidad de registros es en relación a su distribución dentro de las distintas provincias fisiográficas y ANP. Es probable que parte de esa variabilidad sea reflejo de una afinidad diferencial de las especies por distintos ambientes; sin embargo, también pueden estar afectados por sesgos en la intensidad de muestreo (mayor muestreo en ANP).

CUADRO 1. Registros de presencia de anfibios y reptiles en las provincias fisiográficas de Michoacán.

Grupo	Altiplanicie	Depresión del Balsas-Tepalcatepec	Sistema Volcánico Transversal	Llanura Costera	Sierra Madre del Sur	Total
Anfibios	5 (0.3%)	24 (1.4%)	262 (15.8%)	10 (0.6%)	45 (2.7%)	346 (20.8%)
Reptiles	12 (0.7%)	153 (9.2%)	1 070 (64.4%)	23 (1.4%)	57 (3.4%)	1 315 (79.2%)
Total	**17 (1.0%)**	**177 (10.7%)**	**1 332 (80.2%)**	**33 (2.0%)**	**102 (6.1%)**	**1 661 (100%)**

Fuente: elaboración propia con datos de las bases consultadas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

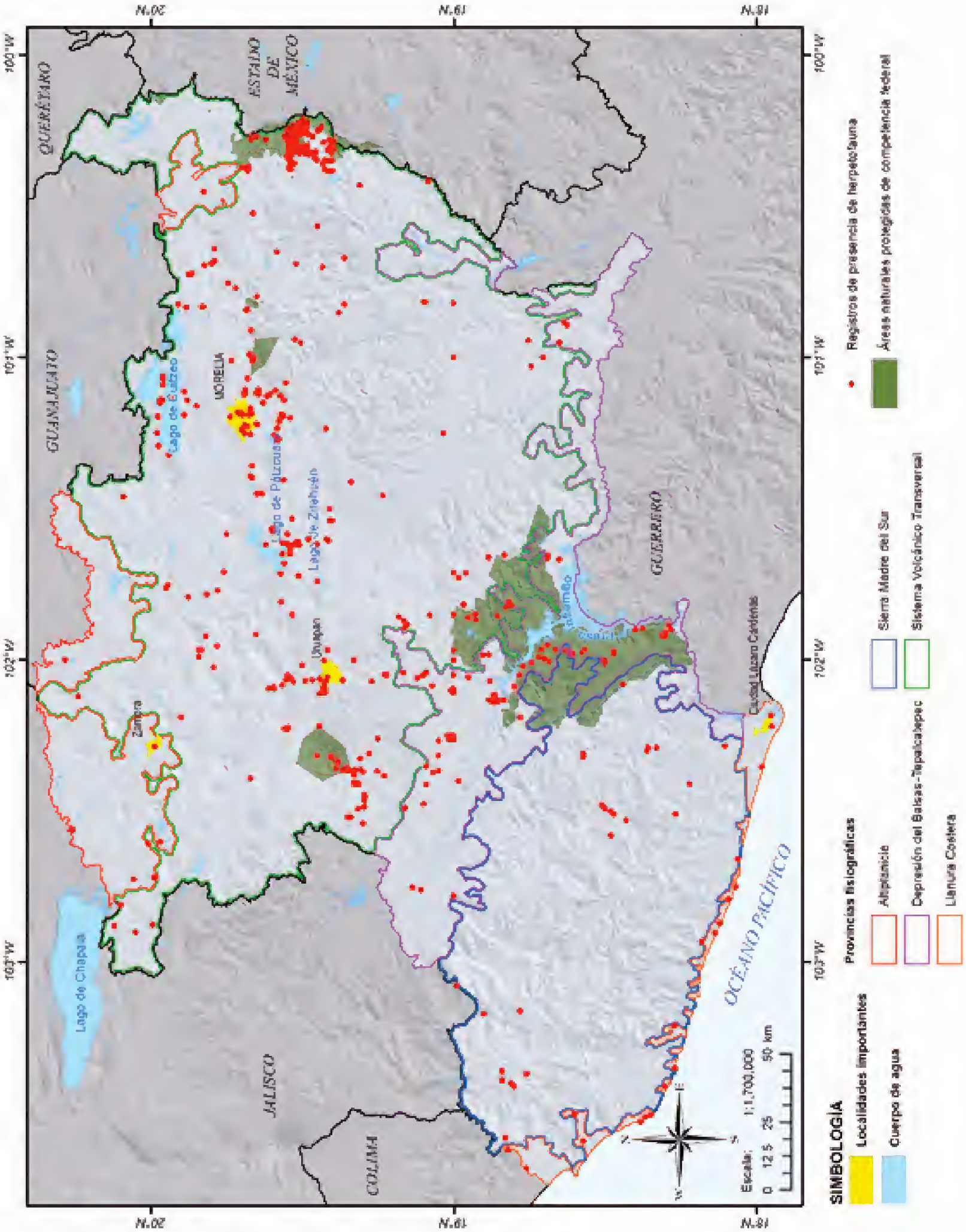


FIGURA 1. Distribución de los registros revisados de la herpetofauna en Michoacán. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

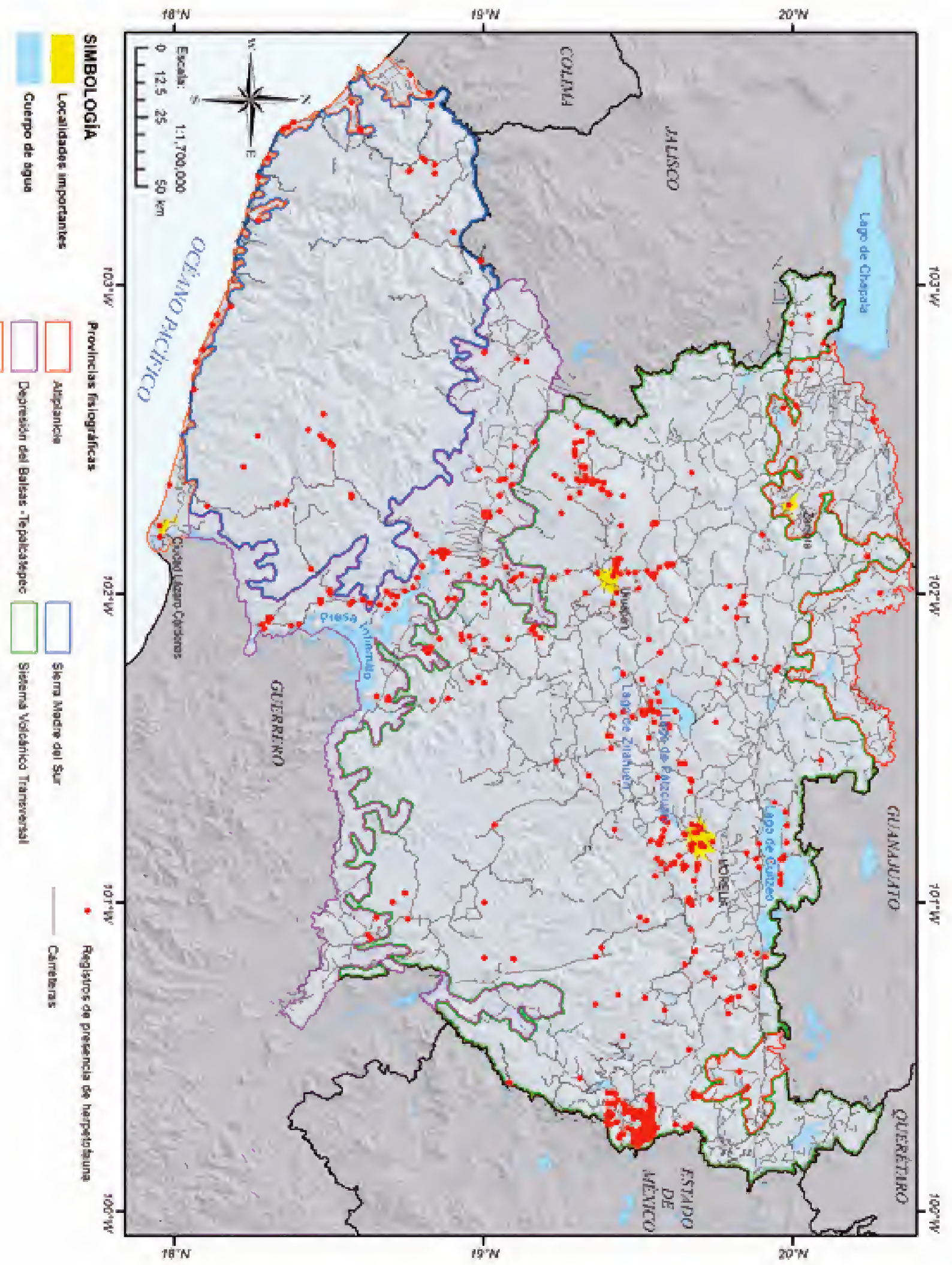


FIGURA 2. Distribución de registros de presencia de herpetofauna, con respecto a carreteras principales del estado. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

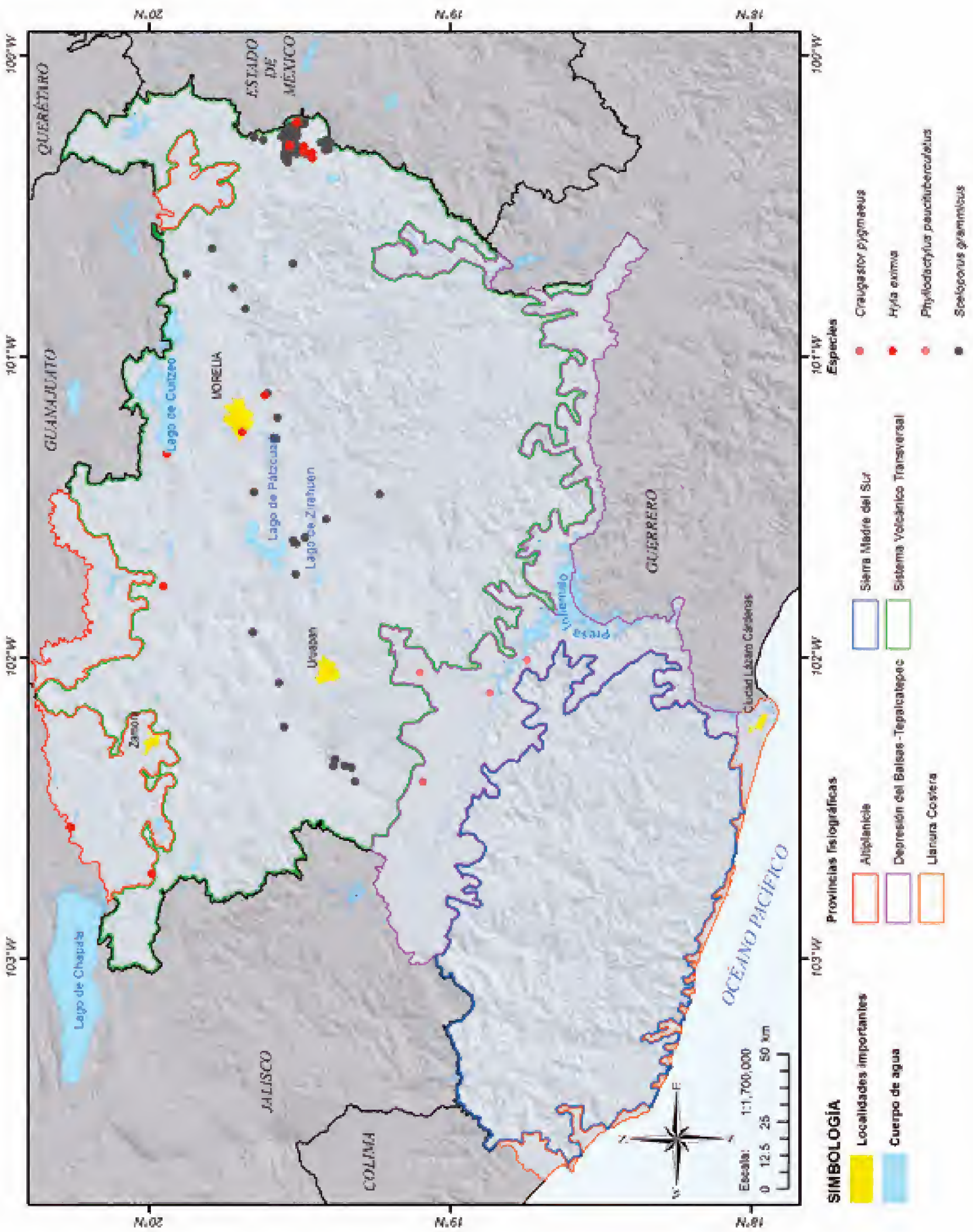


FIGURA 3. Distribución de los registros de presencia para dos especies (con más y menos datos) de anfibios y reptiles, respectivamente.
Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONCLUSIONES

Si bien han surgido una serie de técnicas que en principio permiten lidiar con la escasez de información, la heterogeneidad en el esfuerzo de muestreo y el sesgo en la colecta de datos al momento de generar modelos de distribución de las especies, persiste la necesidad de realizar muestreos sistemáticos y estandarizados de la diversidad herpetofaunística en el estado.

El análisis de la información de registros de presencia que se presenta en este estudio busca ser una base para el desarrollo posterior de modelos de distribución potencial de la herpetofauna presente en Michoacán. Dichos modelos podrían permitir, en una etapa posterior, identificar áreas en donde es necesario realizar más trabajo de campo o donde se concentra la mayor diversidad de especies para el grupo, lo cual puede ayudar a definir nuevas áreas de conservación. Finalmente, contar con más información sobre los patrones de distribución de la herpetofauna en Michoacán permitiría disponer de una base científica más sólida para su manejo y conservación.

REFERENCIAS

Cayuela, L., D.J. Golicher, A.C. Newton *et al.* 2009. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. *Tropical Conservation Science* 2(3):319-352.

De Giovanni, R., L.C. Bernacci, M.F. De Siqueira y F.S. Rocha. 2012. The real task of selecting records for ecological niche modelling. *Natureza & Conservação* 10(2):139-144.

Hijimans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra *et al.* 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.

Medina-Aguilar, O., J. Alvarado-Díaz e I. Suazo-Ortuño. 2011. Herpetofauna de Tacámbaro, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1194-1202.

Mwambo, F.M. 2010. Human and climatic change impact modelling on the habitat suitaibility for the chimpanzee (*Pan troglodytes ellioti*). Case study: the proposed Mount Cameroon National Park. Tesis de maestría en ciencias en tecnologías geoespaciales. Universidade Nova de Lisboa/Universitat Jaume I/Westfälische Wilhelms Universität, Lisboa.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez *et al.* 2009. *Herpetofauna del Valle de México: diversidad y conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/CONABIO, México.

Silva-López, G. y L.G. Abarca Arenas. *2009.* Distribución geográfica de las especies animales. En: *<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol22num3/articulos/distribucion/>,* última consulta: 10 de diciembre de 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aves

LAURA EUGENIA VILLASEÑOR GÓMEZ Y JOSÉ FERNANDO VILLASEÑOR GÓMEZ

DESCRIPCIÓN

Las aves constituyen el grupo de animales vertebrados terrestres más numeroso que existe, con características distintivas como la presencia de plumas que cubren la mayor parte de su cuerpo, la carencia de dientes que fueron reemplazados por un pico córneo, y las extremidades anteriores modificadas en forma de alas que permiten el vuelo y en algunos casos la natación. Su distribución abarca todos los ambientes de nuestro planeta y un buen número de aves realizan desplazamientos migratorios estacionales, lo que impone retos y amenazas adicionales en los territorios por los que se mueven, además de los cambios en los hábitats que ocupan a lo largo de su ciclo de vida (Gill 1990).

DIVERSIDAD

La avifauna de Michoacán se encuentra entre las más ricas del país. De acuerdo con las publicaciones existentes (Lawrence 1874, Martín del Campo 1940, Blake y Hanson 1942, Edwards 1949, Davis 1953, 1962; Brand 1960, Uribe *et al.* 1980) y las investigaciones realizadas en los últimos 39 años por parte del personal del Laboratorio de Ornitología de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana, se han registrado 562 especies de aves pertenecientes a 79 familias y 24 órdenes (Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2016), lo que representa casi 50% del nacional, tomando como referencia el total de especies de aves reportado por Navarro-Sigüenza *et al.* (2014; cuadros 1 y 2; apéndices 52 y 53). Estas cifras colocan al estado en el quinto lugar entre las entidades del país con mayor diversidad avifaunística, sólo superado por Oaxaca con 736 especies

CUADRO 1. Diversidad de la avifauna michoacana con respecto a la de México.[1]

	México	Michoacán	% respecto a México
Orden	26	24	92.3
Familia	96	79*	83.3
Género	489	304	62.2
Especie*	1 123	562	50.0
Subespecie	0	498	0

[1]Según taxonomía de AOU 2015 y suplemento AOU 56 (2015); *no incluye *Incertae sedis*. Fuente: elaboración propia con datos de Navarro-Sigüenza *et al.* 2014, Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2018.

Villaseñor-Gómez, L.E. y J.F. Villaseñor-Gómez. 2019. Aves. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 513-526.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Diversidad de aves de Michoacán, de acuerdo con la taxonomía de AOU 2015.

Orden	Familia	Género	Especie	Subespecie
Tinamiformes	Tinamidae	1	1	1
Anseriformes	Anatidae	11	22	8
Galliformes	Cracidae	2	2	1
	Odontophoridae	4	4	4
	Phasianidae	4	4	2
Gaviiformes	Gaviidae	1	1	
Podicipediformes	Podicipedidae	4	5	5
Procellariiformes	Procellariidae	2	8	3
	Hydrobatidae	1	4	
Phaethontiformes	Phaethontidae	1	1	1
Ciconiiformes	Ciconiidae	1	1	
Suliformes	Fregatidae	1	1	
	Sulidae	1	4	4
	Phalacrocoracidae	1	2	2
	Anhingidae	1	1	1
Pelecaniformes	Pelecanidae	1	2	1
	Ardeidae	10	14	11
	Threskiornithidae	3	3	
Accipitriformes	Cathartidae	3	3	3
	Pandionidae	1	1	1
	Accipitridae	13	24	19
Gruiformes	Rallidae	8	11	8
	Gruidae	1	1	1
Charadriiformes	Recurvirostridae	2	2	1
	Haematopodidae	1	1	2
	Charadriidae	2	7	3
	Jacanidae	1	1	1
	Scolopacidae	10	26	12
	Stercorariidae	1	4	
	Alcidae	1	1	1
	Laridae	12	20	16
Columbiformes	Columbidae	7	11	9
Cuculiformes	Cuculidae	5	8	3
Strigiformes	Tytonidae	1	1	1
	Strigidae	10	17	16
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	4	6	6
	Nyctibiidae	1	1	1
Apodiformes	Apodidae	5	9	5
	Trochilidae	14	22	15
Trogoniformes	Trogonidae	2	4	3

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Continuación.

Orden	Familia	Género	Especie	Subespecie
Coraciiformes	Momotidae	1	1	2
	Alcedinidae	2	4	2
Piciformes	Ramphastidae	1	1	1
	Picidae	6	17	16
Falconiformes	Falconidae	4	9	9
Psittaciformes	Psittacidae	5	7	4
	Psittaculidae	1	1	
Passeriformes	Grallaridae	1	1	1
	Furnariidae	3	3	3
	Tyrannidae	16	38	39
	Tityridae	2	3	4
	Laniidae	1	1	2
	Vireonidae	2	12	18
	Corvidae	5	8	9
	Alaudidae	1	1	1
	Hirundinidae	6	10	10
	Paridae	2	2	3
	Aegithalidae	1	1	2
	Sittidae	1	2	3
	Certhidae	1	1	1
	Troglodytidae	10	15	22
	Polioptilidae	1	3	5
	Cinclidae	1	1	1
	Regulidae	1	2	3
	Turdidae	5	13	21
	Mimidae	4	4	3
	Sturnidae	1	1	
	Motacillidae	1	3	1
	Bombycillidae	1	1	2
	Ptiliogonatidae	2	2	2
	Peucedramidae	1	1	2
	Calcariidae	1	1	
	Parulidae	12	43	41
	Thraupidae	5	6	6
	Incertae sedis	1	1	1
	Emberizidae	17	30	36
	Cardinalidae	9	21	21
	Icteridae	8	19	17
	Fringillidae	5	10	12
	Passeridae	1	1	1

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Navarro-Sigüenza *et al.* 2014), Veracruz con 719 (Gallardo-del Ángel y Aguilar-Rodríguez 2011), Chiapas con 694 (Rangel-Salazar *et al.* 2013) y Puebla con 595 (Jiménez-Moreno *et al.* 2011).

Las familias de hábitos acuáticos con mayor número de especies son Scolopacidae (patamarillas, playeros, zarapitos, picopandos, vuelvepiedras, costureros, agachona y falaropos) con 26, Anatidae (pijijes, gansos, patos, cercetas y mergo) con 22, Laridae (gaviotas, charranes y rayador) con 20 y Ardeidae (avetoros, garzas, garcitas y garcetas) con 14. Las familias terrestres más diversas son Parulidae (chipes, parulas, mascaritas y pavitos) con 43 especies, Tyrannidae (mosqueros, mosqueritos, papamoscas, luises y tiranos) con 38, Emberizidae (rascadores, zacatoneros, gorriones y juncos) con 30, Accipitridae (gavilanes, milanos, aguilillas y águilas) con 24, y Trochilidae (colibríes, zumbadores, esmeralda y zafiro) con 22 (cuadro 3).

La información concentrada sobre taxonomía, nombres comunes en inglés (AOU 2015) y en español (Berlanga *et al.* 2015), categorías de permanencia estacional (Howell y Webb 2001, Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2018; cuadro 4), endemismos (González-García y Gómez de Silva 2003), estatus de conservación (SEMARNAT 2010, UICN 2013, CITES 2016), especies prioritarias (SEMARNAT 2014; cuadro 5) y la distribución en las cinco provincias fisiográficas de Michoacán (cuadro 6) se presenta en el apéndice 52, además en los cuadros señalados.

Las categorías que describen la presencia estacional en el estado se han basado en los registros de los ejemplares de la Colección de Aves de la Facultad de Biología de la UMSNH y en la guía de Howell y Webb (2001). Las categorías se han dividido en tres grupos: 1) las aves residentes permanentes que se encuentran presentes a lo largo de todo el año y que conforman 55.52% de la avifauna michoacana; 2) las aves de residencia temporal, que incluyen las visitantes de la época invernal y las veraneantes, además de las vagabundas, transitorias y accidentales, que corresponden al 34.52% de la diversidad; y 3) las especies de aves que tienen una estacionalidad mixta, ya que tienen poblaciones tanto residentes como migratorias, que representan 9.96% (cuadros 6 y 7). Un ejemplo de una especie visitante invernal es el chipe trepador (*Mniotilta varia*; figura 1).

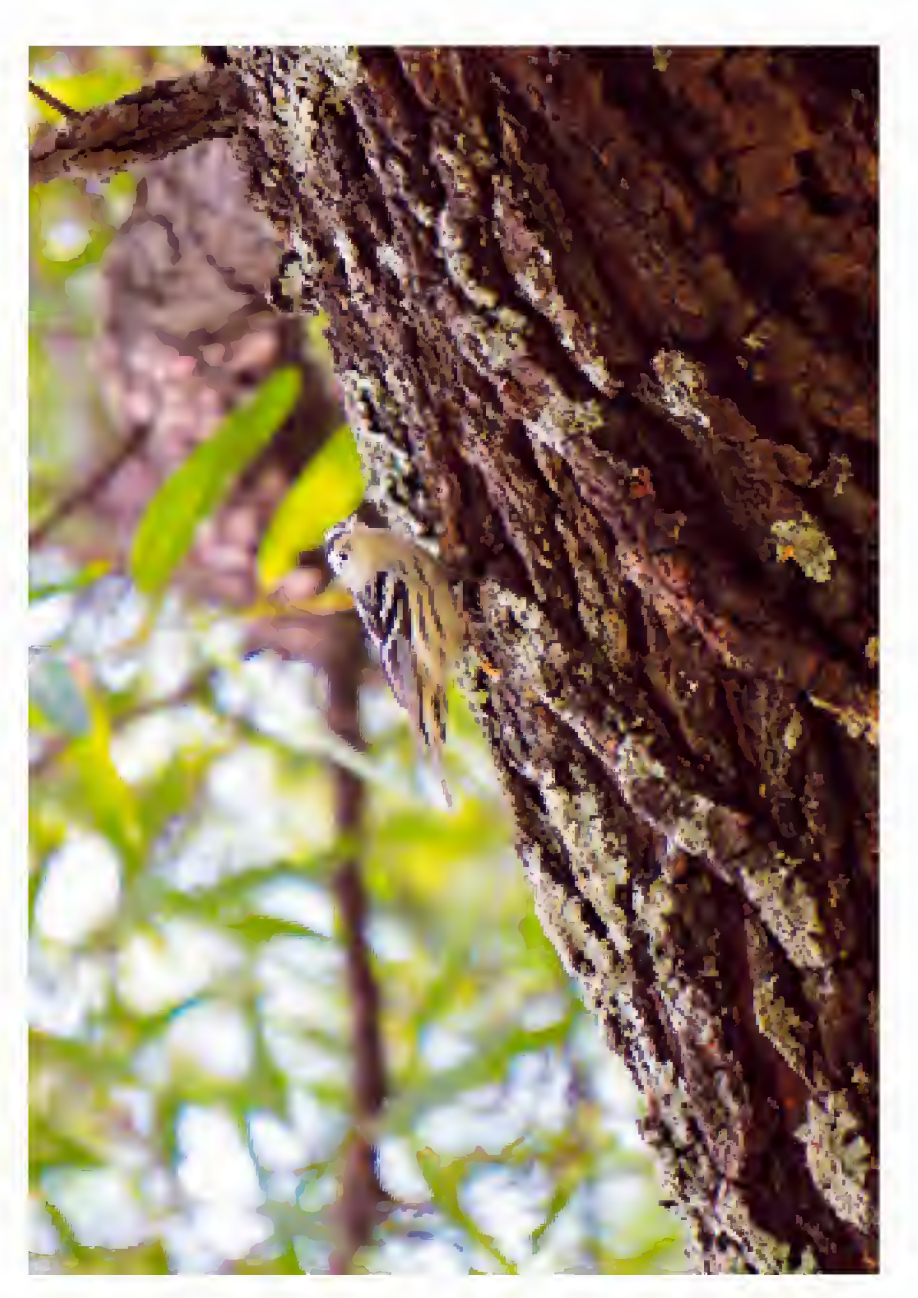


FIGURA 1. Chipe trepador (*Mniotilta varia*), parúlido visitante invernal. Foto: Juan Carlos Pérez Magaña.

DISTRIBUCIÓN

Un análisis general de la distribución de las especies de aves en las provincias fisiográficas del estado, permite reconocer dos aspectos importantes. El primero es la existencia de 107 especies (19.0%) de amplia distribución que se encuentran en todas las provincias del estado, y el segundo es el agrupamiento de las provincias fisiográficas en dos asociaciones definidas con base en la similitud de sus comunidades avifaunísticas. La primera asociación es la que incluye las zonas de mayor elevación que presentan bosques de coníferas y encinos, en donde se encuentran 236 especies (42.0%) que se comparten entre las provincias Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. La segunda corresponde a las zonas de menor altitud caracterizadas por la presencia de selvas secas, en donde 197 especies (35.0%) son compartidas entre la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y la Llanura Costera (figura 2). La provincia Altiplanicie se agrupa con las asociaciones de mayor elevación, aunque presenta un porcentaje considerable de especies compartidas con las comunidades de tierras bajas (cuadro 6).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

Las aves han sido la base para el desarrollo científico en diversas áreas del conocimiento, incluyendo las diversas disciplinas de la biología, la física y hasta la aeronáutica, por lo que el conocimiento detallado de su historia natural, los patrones de su diversidad y sus

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Riqueza de aves por familias.

Familia	Nombres comunes*	Número de especies
Parulidae	Chipe, parula, mascarita y pavito	43
Tyrannidae	Mosquero, mosquerito, papamosca, luis y tirano	38
Emberizidae	Rascador, zacatonero, gorrión y junco	30
Scolopacidae	Patamarilla, playero, zarapito, picopando, vuelvepiedras, costurero, agachona y falaropo	26
Accipitridae	Gavilán, milano, aguililla y águila	24
Trochilidae	Colibrí, zumbador, esmeralda y zafiro	22
Anatidae	Pijije, ganso, pato, cerceta y mergo	22
Cardinalidae	Piranga, granatelo, cardenal, picogordo, colorín y arrocero	21
Laridae	Gaviota, charrán y rayador	20
Icteridae	Tordo, pradero, zanate, calandria y cacique	19
Strigidae	Tecolote y búho	17
Picidae	Carpintero	17
Troglodytidae	Matraca y saltaparedes	15
Ardeidae	Avetoro, garza, garcita y garceta	14
Turdidae	Azulejo, clarín jilguero, zorzal y mirlo	13
Vireonidae	Vireo y vireón	12
Rallidae	Polluela, rascón, gallineta y gallareta	11
Columbidae	Paloma, tortolita y huilota	11
Fringillidae	Eufonia, pinzón, picotuerto, jilguerito y picogrueso	10
Hirundinidae	Golondrina	10
Falconidae	Halcón, caracara y cernícalo	9
Apodidae	Vencejo	9
Procellariidae	Fulmar y pardela	8
Cuculidae	Cuclillo, correcaminos y garrapatero pijuy	8
Corvidae	Chara, urraca y cuervo	8
Charadriidae	Chorlo	7
Psittacidae	Perico, loro, cotorra y guacamaya verde	7
Caprimulgidae	Chotacabras y tapacaminos	6
Thraupidae	Semillero, picochueco y picurero	6
Podicipedidae	Zambullidor y achichilique	5
Odontophoridae	Codorniz	4
Phasianidae	Gallo, faisán y guajolote	4
Hydrobatidae	Paíño	4
Sulidae	Bobo	4
Stercorariidae	Págalo sureño y salteador	4
Trogonidae	Coa y quetzal orejón	4
Alcedinidae	Martín pescador	4
Mimidae	Maullador gris, cenzontle, cuicacoche y mulato azul	4
Threskiornithidae	Ibis y espátula rosada	3
Cathartidae	Zopilote	3
Furnariidae	Trepatroncos	3
Tityridae	Titira puerquito y cabezón	3

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 3. Continuación.

Familia	Nombres comunes*	Número de especies
Polioptilidae	Perlita	3
Motacillidae	Bisbita	3
Cracidae	Chachalaca y pava cojolita	2
Phalacrocoracidae	Cormorán	2
Pelecanidae	Pelícano	2
Recurvirostridae	Monjita y avoceta	2
Paridae	Carbonero	2
Sittidae	Bajapalos	2
Regulidae	Reyezuelo	2
Ptiliogonatidae	Capulinero	2
Tinamidae	Tinamú canelo	1
Gaviidae	Colimbo común	1
Phaethontidae	Rabijunco pico rojo	1
Ciconiidae	Cigüeña americana	1
Fregatidae	Fragata tijereta	1
Anhingidae	Anhinga americana	1
Pandionidae	Águila pescadora	1
Gruidae	Grulla gris	1
Haematopodidae	Ostrero americano	1
Jacanidae	Jacana norteña	1
Alcidae	Alquita oscura	1
Tytonidae	Lechuza de campanario	1
Nyctibiidae	Pájaro estaca norteño	1
Momotidae	Momoto corona canela	1
Ramphastidae	Tucancillo verde	1
Psittaculidae	Periquito australiano	1
Grallaridae	Hormiguero cholino escamoso	1
Laniidae	Verdugo americano	1
Alaudidae	Alondra cornuda	1
Aegithalidae	Sastrecillo	1
Certhiidae	Trepadorcito americano	1
Cinclidae	Mirlo acuático norteamericano	1
Sturnidae	Estornino pinto	1
Bombycillidae	Chinito	1
Peucedramidae	Ocotero enmascarado	1
Calcariidae	Escribano de McCown	1
Incertae sedis	Tángara pecho rosa	1
Passeridae	Gorrión casero	1
Total		**562**

Fuente: *Berlanga *et al.* 2015, Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 4. Estacionalidad de las especies de aves registradas en Michoacán.

Tipo de estacionalidad	Número	%
Aves de residencia permanente		
Residentes permanentes	299	
Residentes permanentes extintas	1	
Residentes permanentes extirpadas	2	
Residentes permanentes introducidas	10	
Subtotal	**312**	**55.52**
Aves de residencia temporal		
Visitantes invernales	129	
Visitantes no reproductores o vagabundos	14	
Visitantes de verano	4	
Transitorias	14	
Accidentales	33	
Subtotal	**194**	**34.52**
Aves con estacionalidad mixta		
Residentes permanentes/Visitantes invernales	32	
Residentes permanentes/Visitantes de verano	1	
Visitantes invernales/Transitorios	14	
Visitantes invernales/Accidentales	1	
Visitantes de verano/Visitantes invernales	4	
Visitantes de verano/Transitorios	4	
Subtotal	**56**	**9.96**
Total	**562**	**100.0**

Fuente: Howell y Webb 2001, Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2016.

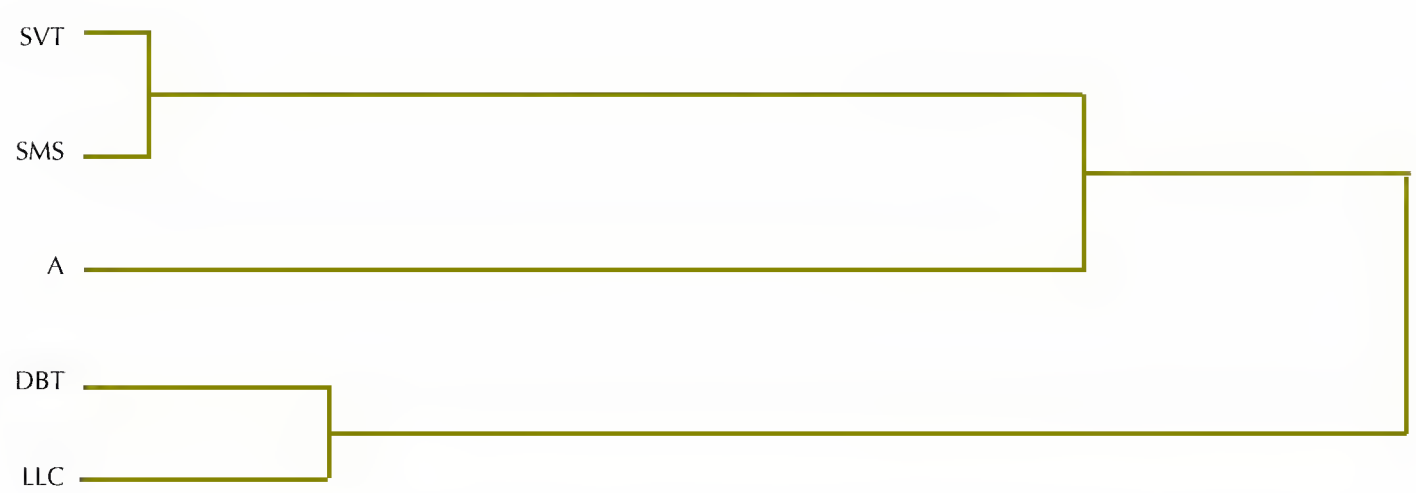


FIGURA 2. Dendrograma de similitud de las especies de aves en las provincias fisiográficas de Michoacán. A: Altiplanicie, SVT: Sistema Volcánico Transversal, DBT: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, SMS: Sierra Madre del Sur, LLC: Llanura Costera.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 5. Estatus de conservación de las especies de aves de Michoacán.

Categoría	Endémicas	Cuasi endémicas	Semi endémicas	Extirpadas	No endémicas
UICN					
Peligro crítico	1	0	1	0	0
En peligro	2	1	0	0	0
Vulnerable	1	0	2	0	3
Casi amenazada	3	1	1	0	10
Preocupación menor	44	14	31	2	445
Datos insuficientes	1	0	0	0	0
NOM-059-SEMARNAT-2010					
Extinta	1	0	0	0	0
Amenazada	6*	1	2	0	18
En peligro de extinción	6	1	2	2	7
Sujeta a protección especial	7	0	3	0	42
CITES					
Apéndice I	2	1	0	0	2
Apéndice II	6	0	10	0	61
Apéndice III	0	0	0	0	0

*Además de una subespecie amenazada: *Anas platyrhynchos diazi*.
Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, CITES 2013, UICN 2013.

extraordinarias adaptaciones al vuelo han sido de suma importancia.

Estudios realizados con este grupo han sido el punto de partida de hipótesis sobre la repartición de recursos, interacciones a diferentes niveles y patrones de distribución, además de ser elementos básicos en propuestas para establecer estrategias de conservación (Navarro-Sigüenza *et al.* 2011).

En el aspecto económico son importantes los ingresos derivados de la producción a gran escala de especies domesticadas, la cacería y la observación de las aves (Greenwood 2007).

Culturalmente, las aves han tenido un significado especial, como símbolos de poder político y religioso, representando deidades y elementos centrales de leyendas y mitos derivados del conocimiento de su historia natural.

Ejemplos de su importancia en las sociedades son las manifestaciones artísticas, con el empleo de las plumas (arte plumario), el uso de éstas como moneda de cambio y las toponimias referentes a nombres de aves asignados a diversas localidades geográficas (p.e. Tzintzuntzan o lugar de colibríes, en la ribera del lago de Pátzcuaro; Romero-Flores 1974).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Endemismos

La conservación y el grado de endemismo de las especies en una región determinada, es una forma de evaluar su importancia; mientras más alto sea el número de especies endémicas o en alguna categoría de riesgo, la región resulta de mayor interés para su conservación. Aunque en el estado no existen especies endémicas exclusivas, 52 son endémicas de México, 35 semiendémicas y 16 cuasiendémicas; poco más de la mitad de las especies (103 de 190) de la avifauna mexicana que presenta algún nivel de endemismo se encuentra en Michoacán (apéndice 52).

Las especies endémicas de México no rebasan los límites territoriales de nuestro país (ejemplos son el zorzal mexicano y la piranga cabeza roja; figuras 3 y 4). Las semiendémicas son especies migratorias cuya distribución está restringida a México durante una buena parte del año (Gómez de Silva 1996), tal es el caso del chipe de rabadilla castaña (*Vermivora luciae*) y el colibrí barba negra (*Archilochus alexandri*). Las especies cuasiendémicas tienen la mayor parte de su distribución en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Estacionalidad de las especies de aves y riqueza en las provincias fisiográficas de Michoacán.

Estacionalidad	Total	A	SVT	DBT	SMS	LLC	Especies
Residente permanente	299	119	189	117	168	150	*Ortalis poliocephala* (chachalaca pálida), *Jacana spinosa* (jacana norteña), *Megascops seductus* (tecolote del Balsas), *Nyctiphrynus mcleodii* (tapacamino prío), *Vireo brevipennis* (vireo pizarra)
Residente permanente extinto	1	0	1	0	0	0	*Campephilus imperialis* (carpintero imperial)
Residente permanente extirpado	2	0	1	0	0	1	*Sarcoramphus papa* (zopilote rey), *Coturnicops noveboracensis* (polluela amarilla)
Residente permanente introducido	10	8	10	7	7	7	Ejemplos: *Phasianus colchicus* (faisán de collar), *Columba livia* (paloma doméstica), *Bubulcus ibis* (garza ganadera), *Streptopelia decaocto* (paloma de collar turca), *Myiopsitta monachus* (perico monje argentino)
Visitante invernal	128	86	74	55	59	77	Ejemplos: *Anas discors* (cerceta alas azules), *Pelecanus erythrorhynchos* (pelícano blanco americano), *Rallus limicola* (rascón cara gris), *Grus canadensis* (grulla gris), *Rhynchopsitta pachyrhyncha* (cotorra serrana occidental)
Visitante no reproductor o vagabundo	14	0	0	0	0	14	*Puffinus nativitatis* (pardela de isla Navidad), *Oceanodroma melania* (paíño negro), *Phaethon aethereus* (rabijunco pico rojo), *Stercorarius mccormickii* (págalo sureño), *Sterna hirundo* (charrán común)
Visitante de verano	4	2	3	4	3	3	*Cypseloides niger* (vencejo negro), *Myiodinastes luteiventris* (papamoscas rayado común), *Vireo flavoviridis* (vireo verdeamarillo), *Hirundo rustica* (golondrina tijereta)
Transitorio o de paso	14	7	7	5	4	10	*Buteo swainsoni* (aguililla de Swainson), *Pluvialis dominica* (chorlo dorado americano), *Phalaropus tricolor* (falaropo pico largo), *Sterna paradisaea* (charrán ártico), *Tyrannus forficatus* (tirano tijereta rosado)
Accidental	33	4	13	4	3	15	*Gavia immer* (colimbo común), *Contopus virens* (papamoscas del este), *Dumetella carolinensis* (maullador gris), *Helmitheros vermivorum* (chipe gusanero), *Haplospiza rustica* (semillero pizarra)
Residente permanente/ Visitante invernal	32	27	25	22	18	25	*Botaurus lentiginosus* (avetoro norteño), *Gallinula galeata* (gallineta frente roja), *Selasphorus platycercus* (zumbador cola ancha), *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Passerina caerulea* (picogordo azul)

Provincias fisiográficas de acuerdo con Antaramián y Correa 2003.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 6. Continuación.

Estacionalidad	Total	A	SVT	DBT	SMS	LLC	Especies
Residente permanente/ Visitante de verano	1	1	0	1	1	1	*Myiarchus tyrannulus* (papamoscas gritón)
Visitante invernal/Transitorio	14	7	9	10	9	10	*Chlidonias niger* (charrán negro), *Archilochus colubris* (colibrí garganta rubí), *Empidonax hammondii* (papamoscas de Hammond), *Riparia riparia* (golondrina ribereña), *Oreothlypis virginiae* (chipe de Virginia)
Visitante invernal/Accidental	1	0	1	0	0	1	*Egretta rufescens* (garceta rojiza)
Visitante de verano/Visitante invernal	4	2	0	2	1	4	*Podiceps nigricollis* (zambullidor orejón), *Charadrius nivosus* (chorlo nevado), *Myiarchus cinerascens* (papamoscas cenizo), *Icterus spurius* (calandria castaña)
Visitante de verano/ Transitorio	4	3	4	1	3	1	*Chordeiles minor* (chotacabras zumbón), *Contopus sordidulus* (papamoscas del oeste), *Progne subis* (golondrina azulnegra), *Petrochelidon pyrrhonota* (golondrina risquera)
Total	**562**	**266**	**337**	**228**	**276**	**319**	

A: Altiplanicie, SVT: Sistema Volcánico Transversal, DBT: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, SMS: Sierra Madre del Sur, LLC: Llanura Costera.
Fuente: Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2018.

CUADRO 7. Porcentaje de similitud de las especies de aves entre provincias fisiográficas.

	SVT	DBT	SMS	LLC
ALT	63.5	64.7	55.6	52.4
SVT		51.7	74.7	36.5
DBT			63.5	73.4
SMS				51.2

A: Altiplanicie, SVT: Sistema Volcánico Transversal, DBT: Depresión del Balsas-Tepalcatepec, SMS: Sierra Madre del Sur, LLC: Llanura Costera.
Fuente: elaboración propia con datos de Villaseñor-Gómez y Villaseñor-Gómez 2018.

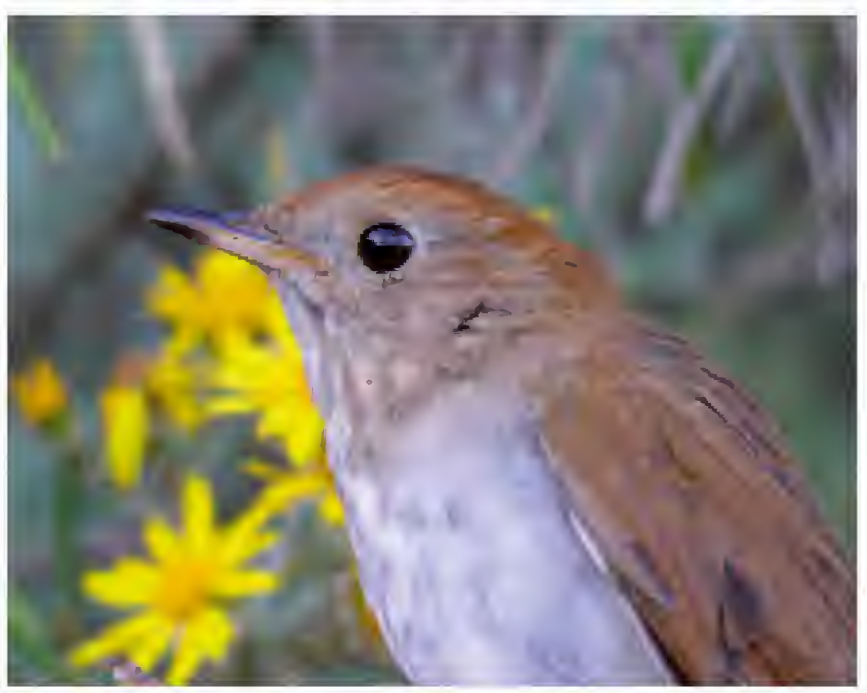


FIGURA 3. Zorzal mexicano (*Catharus occidentalis*), especie residente de tierras altas en Michoacán, endémica de las cordilleras de México. Foto: Laura E. Villaseñor Gómez.

territorio mexicano y se encuentran también en áreas marginales en los países vecinos, EUA, Guatemala y Belice, sin que excedan dichas áreas los 35 000 km^2 (González-García y Gómez de Silva 2003); ejemplos de cuasiendemismos son el loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*), el quetzal orejón (*Euptilotis neoxenus*), el junco ojos de lumbre (*Junco phaeonotus*; figura 5) y la calandria dorso negro (*Icterus cucullatus*; figura 6).

Con respecto a su distribución en las provincias fisiográficas del estado, como puede observarse en el apéndice 52, los endemismos se presentan principalmente en las zonas serranas, Sistema Volcánico Transversal y Sierra Madre del Sur, respectivamente con 33 y 24 especies endémicas, 27 y 25 semiendémicas, 9 y 10 cuasiendémicas, lo que refleja su importancia como áreas de diversificación regional. De forma particular destacan el Sistema Volcánico Transversal y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, en donde se encuentran siete y seis especies endémicas exclusivas, respectiva-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 4. Piranga cabeza roja (*Piranga erythrocephala*), especie residente de tierras altas en Michoacán, endémica del occidente y sur de México. Foto: Juan Carlos Pérez Magaña.

FIGURA 5. Junco ojos de lumbre (*Junco phaeonotus*), gorrión residente y cuasiendémico de México, característico de zonas abiertas de bosques templados. Foto: Juan Carlos Pérez Magaña.

FIGURA 6. Calandria dorso negro (*Icterus cucullatus*), especie semiendémica y visitante de invierno en México. Foto: Juan Carlos Pérez Magaña.

mente, distribuidas en ambientes naturales semejantes en otros estados del occidente de México. A escala regional, Michoacán cuenta con más de la mitad (64.3%) de las 157 especies endémicas (García-Trejo y Navarro-Sigüenza 2004) reportadas para el occidente de México, región que abarca desde el norte de Sonora al sureste de Chiapas, y que se reconoce como una de las principales áreas de endemismo de aves en Mesoamérica (Peterson y Navarro-Sigüenza 2000). Para una comparación más puntual se presenta el listado de las 103 especies que presentan algún nivel de endemismo y que se han registrado en Michoacán.

Especies protegidas

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 es el documento en el que se determinan las especies nativas de flora y fauna de México que se encuentran

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

en riesgo. De acuerdo con esta norma, 96 especies de la avifauna michoacana (17.1%) se encuentran bajo alguna categoría de riesgo: una está extinta, 16 se consideran en peligro de extinción, 27 en la categoría de amenazadas y 52 están sujetas a protección especial.

Las rapaces diurnas de las familias Cathartidae, Accipitridae y Falconidae son los grupos que en mayor número se encuentran enlistados en la norma oficial, ya que 23 de las 36 especies que han sido registradas para la entidad se encuentran reconocidas bajo algún tipo de riesgo. Le siguen otras cuatro familias: Rallidae (polluelas y rascones acuáticos), Psittacidae (guacamayas y loros) y Strigidae (tecolotes y búhos) con seis especies cada una, y Turdidae (clarines, zorzales y mirlo) con tres.

Las especies incluidas en categorías altas de protección en la Lista Roja de la UICN son 26; se enlistan en la categoría de peligro crítico la pardela de isla Revillagigedo (*Puffinus auricularis*) y el carpintero imperial (*Campephilus imperialis*), esta última es una de las 11 especies que se consideran extintas en México desde 1990, el último reporte confirmado fue realizado en 1956 y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se considera como extinta. Las causas principales por las que se extirpó fueron la sobreexplotación a través de la cacería (Tanner 1964), la destrucción y modificación de hábitat (Collar *et al.* 1992).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

De acuerdo con el Worldwatch Institute (2003), muchas poblaciones de aves están disminuyendo en todo el mundo y podrían desaparecer las 1 200 especies en peligro de extinción durante el siglo XXI. Las razones principales de este problema son la modificación y pérdida de hábitat, caza excesiva, mortalidad accidental debido a las colisiones estructurales, captura incidental durante actividades pesqueras, contaminación, depredación por gatos domésticos, derrames de petróleo, uso de pesticidas y cambio climático. Particularmente para el oeste de México, y para el estado de Michoacán, las altas tasas de deforestación de la vegetación natural constituyen la principal amenaza (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Hasta ahora no existen programas para la conservación de especies particulares, aunque algunas merecerían esa consideración, como es el caso de las guacamayas, loros y pericos de la familia Psittacidae. Sin embargo, algunas están consideradas en la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación publicada recientemente (SEMARNAT 2014). Esa lista tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos para la conservación y recuperación de especies en riesgo, y con ello la de ecosistemas, hábitats y especies asociadas. Incluye 104 especies de aves a nivel nacional, de las cuales 42 (7.5%) se encuentran en Michoacán.

Otro instrumento de política ambiental importante son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), que surgieron en México con el propósito de contar con una red regional de áreas importantes para la conservación, como herramienta para la toma de decisiones y normar criterios para priorizar y asignar recursos para la conservación (Ceballos *et al.* 2002). En Michoacán existen ocho áreas ubicadas en las cinco provincias fisiográficas del estado (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000): Cuitzeo (AICA C-02), Pátzcuaro (AICA C-03), Tumbiscatío (AICA C-04), Tancítaro (AICA C-05), Cuenca Baja del Balsas (AICA C-28), Coalcomán-Pómaro (AICA C-30), Sierra Chincua (AICA C-42) y Tacámbaro (AICA C-63). Estas regiones han sido utilizadas como elemento básico en las estrategias de planificación y conservación en Michoacán, ya que coinciden con diferentes propuestas de áreas prioritarias para la conservación: 1) esquema basado en la riqueza y diversidad de las aves (Villaseñor y Villaseñor 1997), 2) regiones terrestres prioritarias (Arriaga *et al.* 2000) y 3) Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán-SACEM (Velázquez-Montes *et al.* 2005).

Una de las acciones más importantes derivada de la priorización de áreas es la declaratoria como Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo (SEMARNAT 2007, CONANP 2014), de la región conocida como cuenca baja del Balsas o Infiernillo. En esta reserva predomina la selva seca, que presenta un aislamiento geográfico y ecológico que la ha convertido en un reservorio de especies endémicas y en muchos casos centro de origen de algunos grupos de plantas y animales; estas selvas secas apenas están conectadas con las selvas tropicales húmedas más sureñas del país (Ceballos y Valenzuela 2010). Otro aspecto relevante de la reserva es la baja representatividad que las selvas secas tienen en los sistemas de áreas protegidas en América Latina, de ahí la importancia de considerarse en los esquemas de conservación (De la Maza *et al.* 2003).

VACÍOS DE INFORMACIÓN

Los inventarios biológicos constituyen la información básica en la que se sustenta y justifica la toma de decisiones sobre acciones de conservación y administración del capital natural de los ecosistemas. Se puede considerar que el grupo de las aves es uno de los mejor conocidos en Michoacán; sin embargo, es necesario complementar

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

los trabajos en la Sierra Madre del Sur y en algunas áreas de la Depresión del Balsas-Tepalcatepec.

Por otra parte, es necesario determinar aspectos particulares sobre la ecología de las especies que, por su sensibilidad, uso tradicional o importancia como especies indicadoras, pueden proveer de información necesaria para la toma de decisiones. Este es el caso de las especies cinegéticas, las que se aprovechan legal e ilegalmente, como aves canoras y otras que son sensibles a la pérdida de su hábitat, como los rascones y polluelas (familia Rallidae), que son dependientes estrictas de humedales.

CONCLUSIONES

Siguiendo un esquema de priorización en el que se toma en cuenta el estado de conservación y la distribución geográfica, las siguientes especies de aves deberán incluirse bajo un enfoque urgente de conservación. De acuerdo con su orden de prioridad: 1) la mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*) que se encuentra restringida a unas pocas localidades de los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo, humedales que no han recibido la debida protección; 2) la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), que es una especie endémica que visita la región de Tancítaro, de distribución más o menos amplia en las montañas del occidente de México; 3) el loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*), especie cuasiendémica que ha perdido 54.4% de su área de distribución a causa de la presión del tráfico y comercio legal e ilegal durante las últimas dos décadas (Monterrubio-Rico *et al.* 2007); 4) la guacamaya verde (*Ara militaris*), aunque con una distribución más amplia, es una especie que se comercializa en forma muy común, la mayoría de las veces de manera ilegal; y 5) el carpintero de Strickland (*Picoides stricklandi*) que aunque no está reconocido bajo ninguna categoría de riesgo, tiene una distribución sumamente restringida (Howell y Webb 2001).

Con respecto a las provincias fisiográficas del estado, sería importante considerar, por un lado, realizar esfuerzos para mitigar los impactos en el Sistema Volcánico Transversal, en donde se ubica la mayor densidad poblacional y donde los impactos de cambio de uso del suelo y degradación de hábitat históricamente han sido los más evidentes de la geografía michoacana. Por otra parte, planificar un corredor ecológico que diera continuidad y conectividad a las poblaciones que se desplazan de forma latitudinal y altitudinal, favoreciendo el intercambio genético y la permanencia de las interacciones ecológicas de las que depende el funcionamiento de las comunidades biológicas a largo plazo.

REFERENCIAS

AOU. American Ornithologists' Union. 2015. Check-list of North American Birds. En: *<http://www.aou.org/checklist/north/>*, última consulta: 10 de diciembre de 2015.

Arizmendi, M.C. y L. Márquez-Valdelamar. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México (AICAS)*. CONABIO, México.

Arriaga, L., C. Aguilar, J.M. Espinosa *et al.* 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México.* CONABIO, México.

Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V.M. Vargas-Canales *et al.* 2015. *Aves de México: lista actualizada de especies y nombres comunes.* CONABIO, México.

Blake, E.R. y H.C. Hanson 1942. Notes on a collection of birds from Michoacan, Mexico. *Field Museum of Natural History, Zoological Series* XXII(9):532-533.

Brand, D.D. 1960. Species of birds known to inhabit the Coalcoman region, Mexico. En: *Coalcoman and Motines del Oro, an Ex-distrito of Michoacan, Mexico.* D.D. Brand. Martinus Nijhoff, Texas, pp. 354-364.

Ceballos, G., H. Gómez de Silva y M.C. Arizmendi. 2002. Áreas prioritarias para la conservación de las aves de México. *Biodiversitas* 41:1-7.

Ceballos G. y D. Valenzuela. 2010. Diversidad, ecología y conservación de los vertebrados de Latinoamérica. En: *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México.* G. Ceballos, L. Martínez, A. García *et al.* (eds.). Fondo de Cultura Económica, México, pp. 93-118.

Céspedes-Flores, S.E. y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental* 2(2):5-13.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2016. Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES. En: *<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>*, última consulta: 8 de abril de 2016.

Collar, N.J., L.P. Gonzaga, N. Krabbe *et al.* 1992. *Threatened birds of the Americas: the ICBPI-IUCN Red Data Book.* International Council for Bird Preservation, Cambridge.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo. CONANP/SEMARNAT, México.

Davis, J. 1953. Birds of the Tzitzio region, Michoacan, Mexico. *Condor* 55:90-98.

——. 1962. Notes on some birds of the state of Michoacan. *Condor* 64(4):325.

De la Maza, E.J., R. Cadena y C. Piguerón. 2003. *Estado actual de las áreas naturales protegidas en América Latina y el Caribe.* Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Oficina Regional para América Latina y el Caribe/Quercus Consultoría Ecológica, México.

Edwards, E.P. 1949. *Birds of the Patzcuaro lake basin.* Tesis doctoral. Cornell University, Nueva York.

Gallardo-del Ángel, J.C. y S.H. Aguilar-Rodríguez. 2011. Aves. En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado.* CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/Instituto de Ecología, A.C., México, pp. 559-577.

García-Trejo. E.A. y A.G. Navarro-Sigüenza. 2004. Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2):167-185.

Gill, F.B. 1990. *Ornithology.* W.H. Freeman and Company. Nueva York.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gómez de Silva, H. 1996. The conservation importance of semiendemic species. *Conservation Biology* 10:674-675.

González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: *Conservación de aves. Experiencias en México.* H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, A.C. (CIPAMEX), México, pp. 150-194.

Greenwood J., J.D. 2007. Citizens, science and bird conservation. *Journal of Ornithology* 148(1):S77-S124.

Howell S., N.G. y S. Webb. 2001. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America.* Oxford University Press, EUA.

Jiménez-Moreno, F.J., M.C. López T., R. Mendoza C. *et al.* 2011. Aves en Puebla. En: *La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado.* CONABIO/Gobierno del Estado de Puebla/Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), pp. 159-163.

Lawrence, G.N. 1874. The birds of western and north western Mexico, based upon collection made by Col. A. J. Grayson, Cap. J. Xantus and Ferd Bischoff, now in the Museum of the Smithsonian Institution at Washington D.C. *Memoirs of the Boston Society of Natural History* 2:265-319.

Martín del Campo, R. 1940. Los vertebrados de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 11(2):481-482.

Monterrubio-Rico, T.C., L.E. Villaseñor-Gómez, M.C. Marín-Togo *et al.* 2007. Distribución histórica y actual del loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*) en la costa central del Pacífico Mexicano: ventajas y limitaciones en el uso de GARP en especies bajo fuerte presión de tráfico. *Ornitología Neotropical* 18:263-276.

Navarro-Sigüenza, A.G., A. Lira-Noriega, M.C. Arizmendi *et al.* 2011. Áreas de conservación para las aves de México: integrando criterios de priorización. En: *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso.* CONABIO/CONANP (coords.). CONABIO/CONANP, México, pp. 108-129.

Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez *et al.* 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S476-S495.

Peterson, A.T. y A.G. Navarro-Sigüenza. 1999. Species concept and setting conservation priorities: a Mexican case study. En: *Procc. 22nd International Ornithological Congress.* N.J. Adams y R.H. Slotow (eds.). Birdlife South Africa, Johannesburg, pp. 1483-1489.

——. 2000. Western Mexico: a significant center of avian endemism and challenge for conservation action. *Cotinga* 14:42-46.

Rangel-Salazar, J.L., P. Enríquez-Rocha, M.A. Altamirano-González-Ortega *et al.* 2013. Diversidad de aves: un análisis espacial. En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado, Vol. 2.* CONABIO/Gobierno del Estado de Chiapas, México, pp. 329-337.

Romero-Flores, J. 1974. *Nomenclatura geográfica de Michoacán.* Investigaciones Lingüísticas, Morelia.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva de la Biosfera, la región conocida como Zicuirán-Infiernillo, localizada en los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, Michoacán. Publicado el 7 de noviembre de 2007 en el DOF. Texto vigente.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2014. Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Publicado el 5 de marzo de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Tanner, J.T. 1964. The decline and present status of the Imperial Woodpecker of Mexico. *The Auk* 81:74-81.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2016. The UICN red list of threatened species. En: *<http://www.iucnredlist.org>,* última consulta: 8 de abril de 2016.

Uribe P., Z., G. Gabiño de la Torre y C. Sánchez H. 1980. Vertebrados del rancho El Reparito, municipio de Arteaga, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM,* serie Zoológica 51(1):615-647.

Velázquez-Montes, A., N. Sosa-Gutiérrez, J.A. Navarrete-Pacheco, A. Torres-García. 2005. *Bases para la conformación del Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán. Programa de Conservación para el Estado de Michoacán 2003-2008.* SUMA-Gobierno del Estado de Michoacán, Morelia.

Villaseñor G., J.F. y L.E. Villaseñor. 1997. Diversidad de aves como indicador de áreas prioritarias para la conservación biológica en Michoacán. *Ciencia Nicolaita* 15:83-101.

Villaseñor-Gómez, L.E. y J.F. Villaseñor-Gómez. 2016. *Base de datos de las aves de Michoacán. Versión Biótica 5.1.* Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Worldwatch Institute. 2003. *La situación del mundo 2003. Informe anual del Worldwatch Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible.* Icaria, Barcelona.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mamíferos terrestres

TIBERIO CÉSAR MONTERRUBIO RICO, JUAN FELIPE CHARRE MEDELLÍN Y LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA

DESCRIPCIÓN

Los mamíferos deben su nombre a la presencia de glándulas mamarias, que en las hembras secretan leche para alimentar a las crías después del nacimiento; este tipo de cuidado parental es único en el reino animal (Feldhamer *et al.* 2007). Otra característica es la presencia de pelo que sirve para defensa (espinas en los puercoespines o placas en los armadillos), ocultamiento (el pelaje moteado de felinos y cervatillos) y abrigo (el grueso pelaje de osos y alces). Se trata del grupo de vertebrados más heterogéneo en forma y función, desde mamíferos con alas como los murciélagos, hasta mamíferos con aletas como las ballenas. Su éxito ecológico-evolutivo se debe a adaptaciones como el cuidado parental, el desarrollo de estructuras sociales, aumento de inteligencia, capacidad sensorial y la endotermia que les permite mantener temperaturas internas constantes (Feldhamer *et al.* 2007). Son los vertebrados con mayor capacidad de adaptación a los distintos ambientes (Feldhamer *et al.* 2007) y en Michoacán se presentan en todos los climas y tipos de hábitat.

La mayoría de los mamíferos terrestres de zonas boscosas, selváticas y desérticas tiene hábitos nocturnos, lo que les permite evitar pérdida de temperatura y el encuentro con depredadores (Feldhamer *et al.* 2007). En estas especies la retina presenta elementos reflectores que aumentan la sensibilidad de la vista en condiciones reducidas de luz, por eso se observa el brillo en los ojos de conejos, roedores y todos los carnívoros, como los felinos. Por otra parte, los murciélagos emiten y detectan sonidos de alta frecuencia (sonar), para desplazarse en el aire, comunicarse entre sí o localizar su alimento (Feldhamer *et al.* 2007). Algunos otros mamíferos dependen de su olfato, como los zorros, coyotes, comadrejas y venados.

La elevada especialización de muchos mamíferos los ha hecho también vulnerables a los cambios en el ambiente provocados por el ser humano. Por ejemplo, la pérdida, degradación y fragmentación de la cobertura vegetal natural los afecta de múltiples formas, ya que reduce su disponibilidad de alimento y refugio, afecta su reproducción, altera los tamaños poblacionales y los hace más vulnerables a la depredación y la caza furtiva, provocando el declive de sus poblaciones a largo plazo y su posterior desaparición (Ceballos y Oliva 2005).

DIVERSIDAD

Monterrubio-Rico, T.C., J.F. Charre-Medellín y L. León-Paniagua. 2019. Mamíferos terrestres. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2*, vol. II. CONABIO, México, pp. 527-534.

La estimación sobre riqueza y diversidad de mamíferos en el estado ha sido modificada en los últimos 30 años como resultado de cambios taxonómicos y del incremento de estudios regionales y locales. En la primera mitad del siglo XX se estimó una riqueza de 85 especies (Hall y Villa 1949), posteriormente Hall (1981) proporcionó la cifra de 141, y por último Núñez

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(2005) reportó 161 especies, incluyendo roedores introducidos como el ratón común (*Mus musculus*), la rata noruega (*Rattus norvegicus*) y la rata negra o casera (*R. rattus*), por lo que la cifra precisa de especies silvestres fue de 158. Ese mismo año, en el primer estudio exhaustivo sobre la biodiversidad de la entidad se presentó un listado con 163 especies (Villaseñor 2005).

El conocimiento de los mamíferos para el estado es disperso, por lo que el objetivo de la presente contribución es proporcionar una cifra actualizada y confiable sobre su riqueza taxonómica y su distribución regional. Para lograrlo se requirió revisar publicaciones históricas, artículos de investigación y tesis de licenciatura y posgrado.

Para el listado taxonómico de los mamíferos de Michoacán se utilizó como catálogo nomenclatural base a Wilson y Reeder (2008), considerando también los cambios recientes a grupos de mamíferos específicos, como en musarañas (Rodentia; Carraway 2007). Se revisaron diversos registros de mamíferos terrestres disponibles en bases de datos de la CONABIO, la cual dispone de 9 186 registros, principalmente de Rodentia y Chiroptera, obtenidos en 10 proyectos que han contado con el apoyo de CONABIO. Destacan los proyectos P020 Biodiversidad de los mamíferos en el estado de Michoacán (Álvarez-Solórzano y López- Vidal 1998), T009 Actualización de la base de datos del Atlas Mastozoológico de México (Ceballos 2002) y P130 Base de datos de mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos de América y Canadá (López-Wilchis 1998).

Además, se revisaron las bases de datos de proyectos de investigación en los que ha participado el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios de la Facultad de Biología de la UMSNH. Principalmente datos de los proyectos de fondos mixtos CONACYT-Estado de Michoacán: Diagnóstico y propuestas sobre el potencial de manejo de la fauna silvestre en el bajo Balsas, Saneamiento, restauración y conservación de la subcuenca del río Cupatitzio y Restauración de la ribera del lago de Cuitzeo; asimismo, de registros obtenidos en tesis de posgrado y licenciatura durante los últimos años (Castro-Vázquez 2012, Colín-Soto 2012, Charre-Medellín 2012, 2009; Guido-Lemus 2012, Mejía-Ángeles 2012, Flores-Hernández 2013).

Para el listado final se analizaron las especies registradas por las distintas fuentes, comparándolas con la relación de mamíferos de México (Ceballos y Oliva 2005). En quirópteros se consultó a Wang *et al.* 2003. Para evaluar la distribución a nivel regional, se sobrepusieron los registros georreferenciados sobre las regiones fisiográficas de Michoacán propuestas por CONABIO (1997).

La riqueza y diversidad de mamíferos de la entidad (sin incluir mamíferos marinos) está integrada por nueve órdenes, 24 familias, 92 géneros y 163 especies de mamíferos silvestres, que incluyen a 39 especies endémicas a México y tres especies endémicas a Michoacán: el murciélago amarillo de infiernillo (*Rhogeessa mira*), la tuza michoacana (*Zygogeomys trichopus*) y el ratón sagaz (*Peromyscus sagax*; apéndice 54).

El orden con el mayor número de especies es Chiroptera con 75, representando 46% de las especies del estado, lo sigue Rodentia con 53 (32%) y Carnivora con 18 (11%). Los seis órdenes restantes presentan menos de 10 especies (apéndice 54).

DISTRIBUCIÓN

La región del estado con la riqueza de especies más alta, quizás debido a un mayor esfuerzo de muestreo, es el Sistema Volcánico Transversal con 120 especies, seguido de la Llanura Costera con 95. Por el contrario, la región con el menor número es la Altiplanicie con 64 especies (cuadro 2). Menos de 15% de los registros se localizan dentro de algún área natural protegida del estado.

En términos biogeográficos, para el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*; figura 1), el puerco espín (*Coendou mexicanus*) también conocido como *Sphiggurus mexicanus*, y el mico de noche (*Potos flavus*), que son mamíferos de talla mediana y con amplia distribución en el neotrópico, presentan como límite más septentrional por el Pacífico al estado. Estas poblaciones son consideradas relevantes para la conservación en el escenario de cambio climático, al presentar distribuciones bajo condiciones ecológicas extremas (Monterrubio-Rico *et al.* 2010, Monterrubio-Rico *et al.* 2013*a*).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL

El papel ecológico de los mamíferos silvestres es fundamental en la dinámica de los ecosistemas, ya que participan en la dispersión de semillas, polinización y el control biológico de insectos. Además, los carnívoros depredadores como los felinos, mustélidos y cánidos regulan las poblaciones de pequeños vertebrados e invertebrados (Altrichter 1999). Por otra parte, los mamíferos han sido fuente de alimento, vestido y transporte. En varias regiones del estado, como la Llanura Costera, la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, los mamíferos nativos han sido la única fuente de proteína animal para habitantes de zonas en pobreza extrema. La cacería tradicional o de subsistencia es una fuente adicional de proteínas en determinadas temporadas del año, sin embargo, usualmente no se encuentra regulada. La gama de especies útiles es muy amplia e incluye caza mayor del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y pecarí (*Dicotyles angulatus*;

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Registros existentes de distintos grupos de mamíferos en bases de datos de CONABIO y en el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios de la Facultad de Biología, UMSNH.

Clave y nombre de proyecto	Fuente/ Financiamiento	Referencia	Roedores	Quirópteros	Otros órdenes	Registros totales
P020. Biodiversidad de los mamíferos en el estado de Michoacán	CONABIO	Álvarez-Solórzano y López-Vidal 1998	3 696	2 536	305	6 537
T009. Actualización de la base de datos del Atlas Mastozoológico de México	CONABIO	Ceballos 2002	817	254	197	1 268
P130. Base de datos de mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos de América y Canadá	CONABIO	López-Wilchis 1998	704	95	155	954
Otros proyectos	CONABIO	CONABIO	368	53	5	426
Proyectos y tesis desarrolladas en el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios. Facultad de Biología-UMSNH	Coordinación Investigación Científica, UMSNH y Fondos Mixtos CONACYT-Michoacán	Charre-Medellín 2009, Castro-Vázquez 2012, Charre-Medellín 2012, Colín-Soto 2012, Guido-Lemus 2012, Mejía-Ángeles 2012, Flores-Hernández 2013	942	1 303	8 003	10 248

Fuente: elaboración propia.

figura 2); hay además otras especies utilizadas en la cacería de subsistencia, como conejos (*Sylvilagus floridanus*), tejones (*Nasua narica*), ardillas (*Sciurus aureogaster*) y armadillos (*Dasypus novemcinctus*).

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

En el estado se presentan especies de mamíferos terrestres listados en categorías de riesgo para el país. Se encontraron seis en peligro de extinción, como oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), murciélago platanero (*Musonycteris harrisoni*), jaguar (*Panthera onca*), tuza michoacana (*Zygogeomys trichopus*), tigrillo (*Leopardus wiedii*; figura 3) y ocelote (*L. pardalis*; SEMARNAT 2010).

Para todas las especies listadas en riesgo se han ubicado sus poblaciones, confirmando así su presencia en distintas partes del estado (Charre-Medellín 2012, Colín-Soto 2012, Flores-Hernández 2013), exceptuando a la tuza michoacana, de la que no se tienen registros recientes.

También se registran poblaciones de 12 especies listadas como amenazadas, incluyendo murciélago trompudo mexicano (*Choeronycteris mexicana*), jaguaroundi (*Puma yagouaroundi*), nutria de río (*Lontra longicaudis*), zorrillo pigmeo (*Spilogale pygmaea*) y puerco espín (*Coendou mexicanus*; SEMARNAT 2010), para las cuales se disponen de registros más recientes que permiten delimitar mejor su distribución en el estado (Monterrubio-Rico *et al.* 2010, 2012; Charre-Medellín 2012, Guido-Lemus 2012).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 2. Diversidad de mamíferos, por regiones del estado, a partir de registros georreferenciados disponibles.

	Llanura Costera	Sierra Madre del Sur	Depresión del Balsas-Tepalcatepec	Sistema Volcánico Transversal	Altiplanicie
Órdenes	9	9	9	8	7
Familias	24	21	21	19	17
Especies	95	83	93	120	64

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 1. El oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), presenta su población más norteña por el Pacífico. Foto: Banco de Imágenes del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios.

Son diez especies las que actualmente se encuentran listadas en la categoría de protección especial, destacando mico de noche (*Potos flavus*), cuyos nuevos registros permiten establecer su límite más norteño en el continente, por el Pacífico (Monterrubio-Rico *et al.* 2013*a*) y la ardilla de Peter (*Sciurus oculatus*), que es endémica y no aparecía listada para Michoacán en documentos anteriores (Villaseñor 2005); durante los últimos tres años se obtuvieron nuevos registros de esta ardilla en bosques de encino de la cuenca del lago de Cuitzeo, en la Altiplanicie (Monterrubio-Rico *et al.* 2013*b*).

AMENAZAS PARA SU CONSERVACIÓN

En México existe el problema de pérdida de fauna (defaunación) que afecta profundamente la estructura, dinámica y diversidad de los bosques y selvas tropicales (Dirzo y Gutiérrez 2006). La cacería y la pérdida del hábitat representan un impacto antropogénico de creciente intensidad, la evidencia sugiere que la defaunación es diferencial: los mamíferos medianos y grandes son los más afectados, mientras que los pequeños roedores son poco afectados o incluso algunas especies son favorecidas (Dirzo *et al.* 2007). Otro factor que

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2 El pecarí (*Dicotyles angulatus*), también conocido en el medio rural como jabalí, es un importante recurso cinegético que afortunadamente todavía presenta poblaciones abundantes en la Sierra Madre del Sur y la costa michoacana. Foto: Banco de Imágenes del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios.

debe tomarse en cuenta es que en zonas de importancia para los mamíferos no se ha efectuado un análisis de vacíos o discrepancias donde se evalúe la disponibilidad de superficie protegida de que dispone la mastofauna de cada región.

Por último, otra amenaza potencial importante es el cambio climático. Los mamíferos pueden verse afectados de diversas formas al modificarse la vegetación en su distribución, como se predice ocurrirá en la vegetación de México (Gómez-Mendoza y Arriaga 2007, Rehfeldt *et al.* 2012).

Se ha sugerido que las áreas con vegetación templada se reducirán al incrementarse la temperatura, así como la posible desaparición de los bosques tropicales subcaducifolios (selva mediana), lo que afectaría el hábitat de muchas especies de mamíferos, tanto los que habitan bosques tropicales como los que lo hacen en bosques templados (Gómez-Mendoza y Arriaga 2007, Rehfeldt *et al.* 2012).

Ante la escasa superficie protegida en algunas regiones, y la reducción potencial del hábitat y distribución de los mamíferos, no se debe descartar la probable extinción de poblaciones de mamíferos en el estado.

Asimismo, un efecto adicional será la baja disponibilidad de agua en el trópico seco, asociada a una menor precipitación; a menor precipitación el agua disponible en los manantiales, recursos clave para los mamíferos, podría ser aún más escasa, afectando la distribución y abundancia poblacional de los mamíferos medianos y grandes (Charre-Medellín *et al.* 2010, Charre-Medellín 2012).

Por su ubicación en el límite entre las regiones Neártica y Neotropical, existiendo amplias áreas con ecotonos entre ecosistemas de afinidad templada y tropical, la distribución de las especies en Michoacán podría experimentar cambios y nuevas interacciones ecológicas posiblemente surjan, desconociéndose su efecto en los mamíferos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 3. Tigrillo (*Leopardus wiedii*) en su madriguera, el felino más pequeño y especializado a la vida arbórea. Foto: Banco de Imágenes del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN Y VACÍOS DE INFORMACIÓN

La conservación de los mamíferos en Michoacán debe basarse en cuatro ejes fundamentales:

1. Investigación básica. Se debe actualizar la información existente sobre la condición de las mastofaunas regionales, ya que se carece de estudios para la costa de Michoacán (municipios de Aquila y Coahuayana) y para los municipios de Tumbiscatío, Coalcomán y Chinicuila, en la Sierra Madre del Sur. Si bien los estudios más detallados existentes cubrieron parcialmente la costa (Lázaro Cárdenas y Aquila) y la Sierra Madre del Sur (Arteaga), fueron realizados hace ya 30 años.

2. Investigación aplicada. Es clave identificar las áreas de mayor riqueza de especies y abundancias poblacionales de mamíferos, su relación con otros grupos de organismos y los tipos de vegetación asociados; además, analizar la efectividad de la red actual de áreas protegidas estatales y federales. Por su posición geográfica en el centro del trópico seco (de Jalisco al sur de Sonora), Michoacán es clave para la delimitación de posibles corredores de conservación para la biodiversidad en México ante el cambio climático (Foden *et al.* 2013). Se estima que las poblaciones de mamíferos en el extremo norte del trópico seco (Sinaloa-Jalisco), mantienen contacto con metapoblaciones hacia el sur (Guerrero) a través de Michoacán, como en el caso del jaguar (Rabinowitz y Zeller 2010). Una estrategia de conservación de biodiversidad debe considerar el diseño de una red de corredores de conservación, sobre gradientes ecológicos, que mantengan condiciones de vegetación entre regiones biogeográficas.

3. Educación y sensibilización. Es importante el desarrollo de programas de educación ambiental, diseñados para el medio rural y urbano, que sensibilicen a los estudiantes de las distintas comunidades sobre reducir la caza furtiva y fomentar, entre los hijos de propietarios de predios y ranchos, la reforestación y la observación de fauna silvestre. Para los gremios de productores del medio rural, se deben impartir talleres de sensibilización sobre la importancia ecológica y los servicios ecosistémicos que proporcionan los mamíferos, creando reservas municipales o campesinas voluntarias. Crear certificados de producción verde, en los que se distingan aquellos propietarios que restauran hábitats

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y reforestan para captura de agua y de carbono, para vincularlos con programas sectoriales de pago por servicios ambientales. Para la población urbana promover actividades ecoturísticas, incentivando el campismo y la recreación, motivando una derrama económica en zonas de alto valor biológico y de belleza escénica.

4. Análisis y proyecciones ante el cambio climático. Evaluar la disponibilidad de hábitat contemporáneo y futuro para poblaciones de mamíferos en distintos escenarios de cambio climático. Analizar la vulnerabilidad de las especies y priorizar aquellas que puedan verse más afectadas; no todas las especies son igualmente vulnerables, ya que la respuesta de cada una ante el cambio de las condiciones ambientales depende de los rasgos de su historia de vida, que pueden agruparse principalmente en tres ejes: a) sensibilidad, capacidad de persistir *in situ*; b) exposición, la extensión y magnitud de cambio del ambiente físico; y c) capacidad de adaptación, la habilidad de evadir los impactos negativos del cambio climático mediante dispersión o cambio microevolutivo (Foden *et al.* 2013). Por lo tanto, deben diseñarse e implementarse medidas de mitigación que atenúen el efecto en el hábitat del cambio climático; Michoacán puede ser un sitio estratégico de investigación y manejo de ecosistemas, al contener las poblaciones más norteñas del trópico para varias especies por el Pacífico.

CONCLUSIONES

Michoacán es un estado con alta riqueza y diversidad de mamíferos; sin embargo, se carece de inventarios actuales y se desconoce la condición de muchas especies no registradas hace tiempo, como es la ardilla voladora (*Glaucomys volans*) o la tuza endémica (*Zygogeomys trichopus*). La actualización debe incluir regiones cuyos estudios se efectuaron hace 30 años, como la costa michoacana, donde además sus inventarios se enfocaron sobre todo a roedores y quirópteros. Por su ubicación geográfica Michoacán es clave para mantener la conectividad entre poblaciones de mamíferos a lo largo del Pacífico mexicano, haciendo necesario analizar la ubicación de posibles corredores y su categorización como áreas sujetas a restauración y conservación.

Es indispensable desarrollar programas de educación ambiental para sensibilizar a los diferentes grupos de la sociedad; se sugiere especial atención al sector rural que hace uso del grupo en la entidad. Ante el escenario de cambio climático, en Michoacán se debe diseñar una estrategia para mitigar sus efectos en biodiversidad, analizándose los posibles escenarios de cambios de distribución de las especies y de sus hábitats en el contexto de las áreas protegidas existentes y complementarias.

REFERENCIAS

Álvarez-Solórzano, T. y J.C. López-Vidal. 1998. Biodiversidad de los mamíferos en el estado de Michoacán. Base de datos SNIB 2010-CONABIO, proyecto P020. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional (IPN), México.

Altrichter, M. 1999. Importancia de los mamíferos silvestres en la dieta de pobladores de la península de Osa, Costa Rica. *Revista Mexicana de Mastozoología* 4:99-107.

Castro-Vázquez, R. 2012. *Quirópteros de la subcuenca del río Cupatitzio, Michoacán México.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Ceballos, G. 2002. Actualización de la base de datos del Atlas Mastozoológico de México. Base de datos SNIB 2010-CONABIO, proyectos T009 y A003. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. *Los mamíferos silvestres de México.* FCE/CONABIO, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1997. Provincias biogeográficas de México. Escala 1:4 000 000. CONABIO, México.

Charre-Medellín, J.F., C.Z. Colín-Soto y T.C. Monterrubio-Rico. 2010. Uso de manantiales de filtración por los vertebrados durante la época seca en un bosque tropical fragmentado en la costa de Michoacán. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 26(3):737-743

Charre-Medellín, J.F. 2012. *Uso de manantiales por los mamíferos silvestres en bosques tropicales de Michoacán*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UMSNH, Morelia.

——. 2009. *Distribución y diversidad de mamíferos medianos y grandes en el municipio de Arteaga, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Colín-Soto, C.Z. 2012. *Riqueza y estructura de comunidades del orden Quiroptera en bosques tropicales de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Dirzo, R. y G. Gutiérrez. 2006. Análisis de los efectos ecológicos del aprovechamiento forestal en el Corredor Biológico Mesoamericano: mamíferos, plantas y sus interacciones. Informe final SNIB-CONABIO proyecto núm. BJ005. UNAM, México.

Dirzo, R., E. Mendoza y P. Ortiz. 2007. Size-related differential seed predation in a heavily defaunated neotropical rain forest. *Biotropica* 3:355-362.

Feldhamer, G., L. Drickamer, S. Vessey *et al.* 2007. *Mammalogy: adaptation, diversity, ecology.* Johns Hopkins University Press, Maryland.

Flores-Hernández, A.L. 2013. *Diversidad de mamíferos en un bosque tropical subcaducifolio fragmentado, en la costa de Michoacán.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Foden, W.B., S.H.M. Butchart, S.M. Stuart *et al.* 2013. Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *Plos ONE* 8(6):e65427.

Gómez-Mendoza, L. y L. Arriaga. 2007. Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology* 21:1545-1555.

Guido-Lemus, D. 2012. *Riqueza de la comunidad de los mamíferos silvestres de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Una comparación utilizando métodos de muestreo.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Hall, E.R. y B. Villa R. 1949. An annotated check list of the mammals of Michoacan, Mexico. *Museum of Natural History* 1:431-472.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, Inc., Nueva Jersey.

López-Wilchis, R. 1998. Base de datos de mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto P130. UAM-Iztapalapa, México.

Mejía-Ángeles, C. 2012. *Riqueza, composición y estructura de comunidades de pequeños roedores en localidades tropicales de Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

Monterrubio-Rico, T.C., J.M. Ortega-Rodríguez, R. Cancino-Murillo *et al*. 2010. Distributional and ecological records of the Mexican hairy dwarf porcupine (*Sphiggurus mexicanus*) from Michoacan, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 55:143-145.

Monterrubio-Rico, T.C., J.F. Charre-Medellín, M.G. Zavala-Páramo *et al*. 2012. Evidencias fotográfica, biológica y genética de la presencia actual del jaguarondi (*Puma yagouaroundi*) en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:825-833.

Monterrubio-Rico, T.C., J.F. Charre-Medellín, A. Villanueva-Hernández y L. León-Paniagua. 2013*a*. Nuevos registros de la martucha (*Potos flavus*) para Michoacán, México, que establecen su límite de distribución al norte por el Pacífico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1002-1006.

Monterrubio-Rico, T.C., D. Guido-Lemus, J.F. Charre-Medellín *et al*. 2013*b*. Nuevos registros de la ardilla de Peters, *Sciurus oculatus* (Peters 1863), para Michoacán y primera genotipificación molecular de la especie. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 29(2):304-316.

Núñez, A. 2005. *Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad, biología e importancia*. UMSNH, Morelia.

Rabinowitz, A. y K.A. Zeller. 2010. A range wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation* 143:939-945.

Rehfeldt, G.E., N.L. Crookston, C. Sáenz–Romero y E. Campbell. 2012. North American vegetation model for land use planning in a changing climate: a statistical solution to large classification problems. *Ecological Applications* 22(1):119-141.

Villaseñor G., L.E. 2005. *La biodiversidad de Michoacán: Estudio de Estado*. CONABIO/SUMA/UMSNH, México.

Wang, H.G., R.D. Owen, C. Sánchez-Hernández y M. de L. Romero-Almaraz. 2003. Ecological characterization of bat species distributions in Michoacan, Mexico, using a geographic information system. *Global Ecology and Biogeography* 12:65-85.

Wilson, E. y M. Reeder. 2008. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. The Johns Hopkins University Press, Maryland.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Colección científica de fotocolectas del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios

TIBERIO CÉSAR MONTERRUBIO RICO Y JUAN FELIPE CHARRE MEDELLÍN

A partir de 2007, en el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios de la Facultad de Biología de la UMSNH se iniciaron investigaciones enfocadas a conocer la distribución, abundancia, patrones de actividad y características de las comunidades de mamíferos, medianos y grandes, mediante el uso de trampas fotográficas que cuentan con sensores de movimiento (Charre-Medellín 2009, 2012). Estas trampas son sistemas integrados por cámaras provistas de un sensor infrarrojo, que activan el disparo automáticamente al paso de cualquier organismo que atraviesa un determinado ángulo de detección, instrumentos ideales para registros e identificación de especies terrestres de naturaleza sigilosa, como los felinos (Swann *et al.* 2011).

Existen dos tipos de trampas cámara: análogas y digitales. Las primeras se limitan a tomar 36 fotografías, no toman video y el costo de operación a largo plazo es mayor (pilas, rollos, revelado), sin embargo, la calidad de las imágenes es muy buena. Por el contrario, en las cámaras digitales la calidad de las imágenes depende de su resolución. Pueden tomar más de dos mil fotografías, además de video, y el costo de operación a largo plazo es menor (pilas, tarjetas de memoria, etc.).

COLECCIÓN CIENTÍFICA

Con el apoyo financiero del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) y la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH, se han desarrollado estudios que permiten conocer la distribución, abundancia, patrones de actividad y características de las comunidades de mamíferos, medianos y grandes. Actualmente, se ha integrado una colección científica con todos los fotoregistros de fauna obtenidos mediante trampas cámara.

Hasta el 2011 se disponía de 3 898 fotoregistros, correspondientes a 25 especies de mamíferos que se encuentran distribuidos a lo largo de las cinco provincias fisiográficas de Michoacán (Llanura Costera, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas-Tepalcatepec, Sistema Volcánico Transversal y Altiplanicie). De éstas, siete se encuentran en alguna categoría de riesgo, según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (cuadro 1).

OBTENCIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Las trampas cámara son colocadas sobre senderos y manantiales, y están programadas para disparar después de un minuto y tomar tres fotografías cada vez que el sensor es activado. Las trampas cámara son revisadas cada 40 días aproximadamente para cambiarles pilas y tarjetas de memoria.

Debido a la importancia que representa el agua en el desarrollo de la vida, es fundamental estudiarla y monitorearla como un recurso clave para la fauna silvestre. En particular, el uso de los manantiales en algunas regiones representa la única fuente de agua disponible para la fauna silvestre y también para los seres humanos. Con base en la información obtenida por medio de trampas cámara se pudo confirmar la presencia de las seis especies de felinos reportadas para México en Michoacán, incluyendo la primera población de jaguar,

FIGURA 1. Fotografía de jaguar (*Panthera onca*) en el municipio de Arteaga, obtenida por cámara trampa digital. Foto: Banco de Imágenes del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios.

Monterrubio-Rico, T.C. y J.F. Charre-Medellín. 2019. Colección científica de fotocolectas del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2,* vol. II. CONABIO, México, pp. 535-538.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CUADRO 1. Número de registros de mamíferos, obtenidos mediante trampas cámara en Michoacán.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Registros	NOM-059-SEMARNAT-2010
Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado	445	
	Tayassuidae	*Dicotyles angulatus*	Pecarí	398	
Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	6	
		Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	10	
	Felidae	*Leopardus pardalis*	Ocelote	175	P
		L. wiedii	Tigrillo	43	P
		Lynx rufus	Gato montés	1	
		Panthera onca	Jaguar	15	P
		Puma concolor	Puma	83	
		P. yagouaroundi	Jaguaroundi	9	A
	Mephitidae	*Conepatus leuconotus*	Zorrillo de espalda blanca	3	
		Mephitis macroura	Zorrillo de dos bandas	4	
		Spilogale pygmaea	Zorrillo pigmeo	5	A
	Mustelidae	*Mustela frenata*	Comadreja	1	
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle	4	
		Nasua narica	Coatí o tejón	2 250	
		Procyon lotor	Mapache	31	
Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache	107	
Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo	1	
		Sylvilagus sp.	Conejo	28	
Rodentia	Erethizontidae	*Coendou mexicanus*	Puercoespín	5	A
	Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla gris	88	
		Notocitellus annulatus	Cuinique cola anillada	157	
Cingulata	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo	24	
Pilosa	Myrmecophagidae	*Tamandua mexicana*	Oso hormiguero	5	P
Total				**3 898**	

Categorías: P: peligro de extinción, A: amenazada.
Fuente: elaboración propia.

especie cuya presencia no había sido confirmada (figura 1) y que se encuentra en la categoría de en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). De entre las 25 especies de mamíferos registradas mediante trampas cámara, el coatí o tejón (*Nasua narica*) es la especie que sobresale, al ser la más abundante, con 2 250 registros (figura 2). Otras especies abundantes son el venado (*Odocoileus virginianus*) y el pecarí (*Dicotyles angulatus*), aunque existen nueve especies para las cuales se cuenta con un número reducido de registros (menos de 5; cuadro 1).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 2. Fotografía con 13 individuos de coatí en el municipio de Arteaga. Foto: Banco de Imágenes del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios.

CONCLUSIONES

Las colecciones científicas en general, y en este caso las obtenidas a partir de fotocolectas, desempeñan un papel fundamental, ya que no sólo albergan el acervo de información primaria indispensable para documentar la diversidad biológica y su distribución geográfica (p.e. localidades con referencia geográfica de latitud y longitud), sino también en ocasiones se puede obtener información acerca de su comportamiento, hábitos alimenticios, reproducción y patrón de actividad (figura 3). Asimismo, el valor de las colecciones científicas radica en que los especímenes depositados pueden ser estudiados en múltiples ocasiones y durante muchos años. Por lo tanto, las colecciones científicas y los inventarios biológicos constituyen herramientas fundamentales en los estudios de la diversidad biológica (Sánchez-Cordero *et al.* 2001).

Específicamente para los resultados que se han obtenido es importante dar seguimiento al monitoreo de aquellas especies que se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo, y de forma particular el jaguar, cuyos registros representan la única evidencia fotográfica obtenida hasta el momento en Michoacán, siendo necesario estimar el tamaño poblacional de la especie a partir de la evidencia fotográfica obtenida.

Los registros de las especies para Michoacán, obtenidos mediante el uso de cámara trampas, repre-

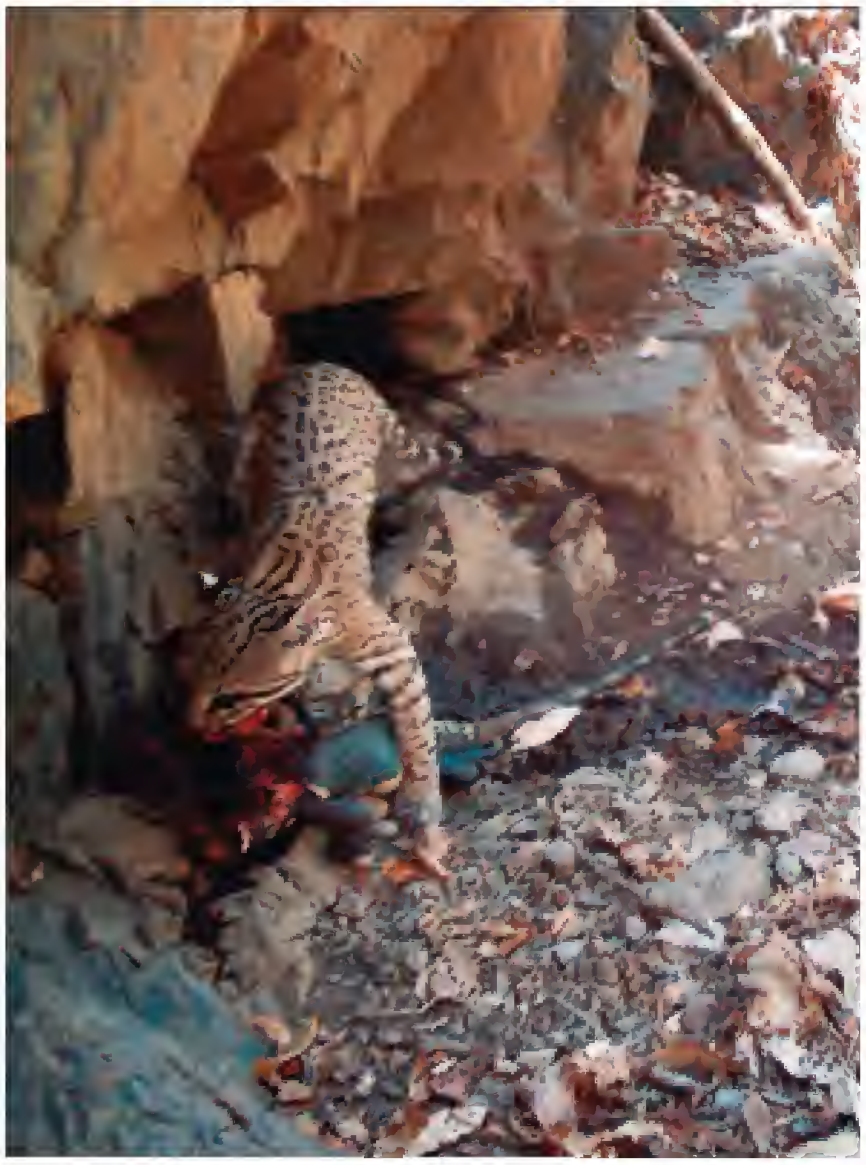


FIGURA 3. Ocelote (*Leopardus pardalis*) depredando a una iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en el municipio de Lázaro Cárdenas. Foto: Banco de Imágenes del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

sentan importantes datos sobre la distribución, patrones de actividad y estructura de las comunidades de los mamíferos medianos y grandes, los cuales se encuentran poco representados en otras colecciones científicas, por lo que se aporta conocimiento fundamental para realizar acciones de manejo y conservación de dichas especies.

REFERENCIAS

Charre-Medellín, J.F. 2009. *Distribución y diversidad de mamíferos medianos y grandes en el municipio de Arteaga, Michoacán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología-UMSNH, Morelia.

——. 2012. *Uso de manantiales por los mamíferos silvestres en bosques tropicales de Michoacán*. Tesis de maestría. Programa institucional de maestría en ciencias biológicas-UMSNH, Morelia.

Sánchez-Cordero, V., A.T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En: *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. H.M. Hernández, A.N. García-Alderete, F. Álvarez y M. Ulloa (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 359-379.

Swann, D.E., K. Kawanishi y J. Palmer. 2011. Evaluating types and features of camera traps in ecological studies: a guide for researchers. En: *Camera traps in animal ecology. Methods and analyses*. A.F. O´Connell, J.D. Nichols y K.U. Karanth (eds.). Springer, Tokyo, pp. 27-43.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Apéndices

Volumen II

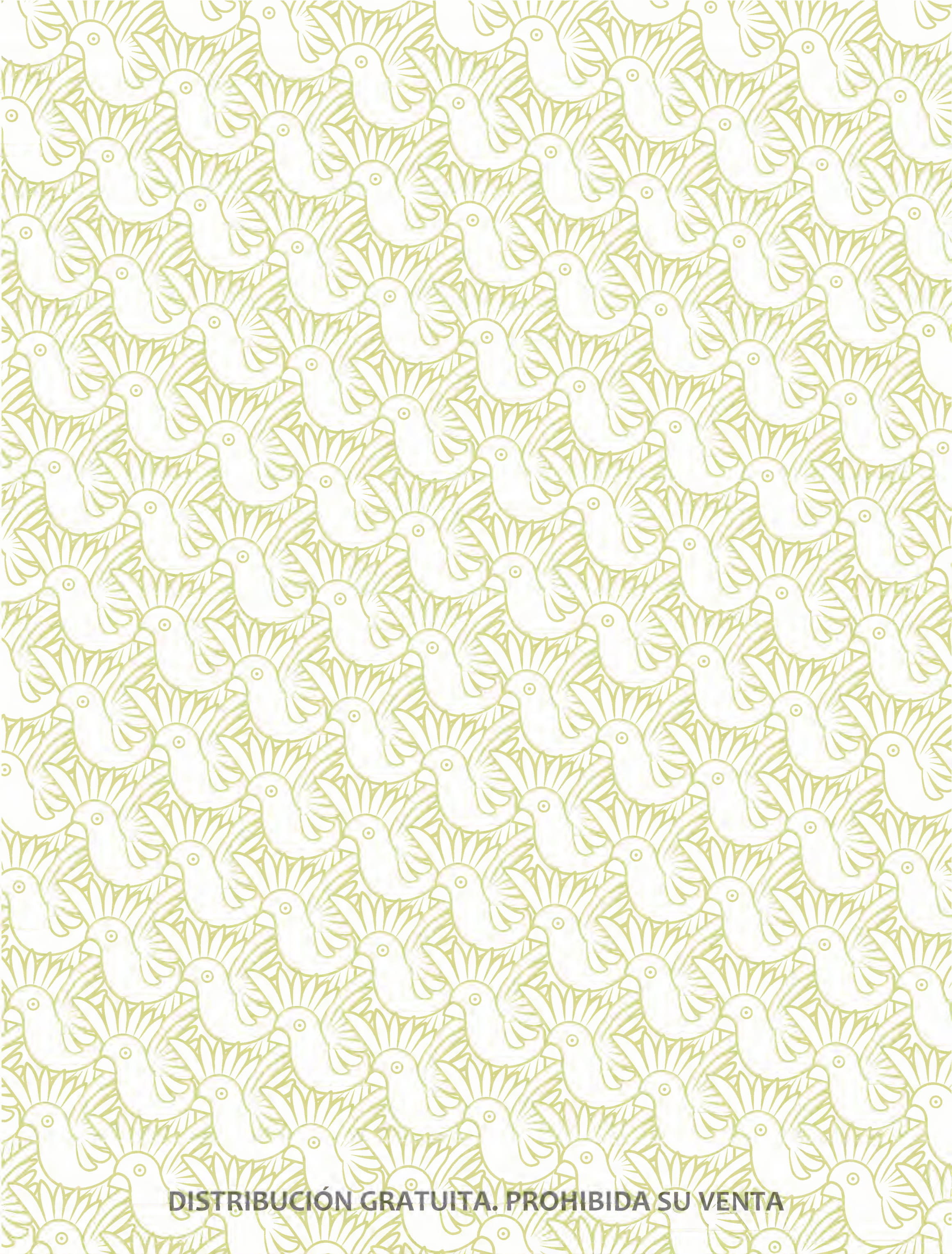
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de Especies

5

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Apéndice 23. Consideraciones taxonómicas en especies de pteridofitas.

En este apéndice se agrupan las observaciones taxonómicas que se detectaron durante la formulación del listado de especies de pteridofitas del estado. Hubo conflictos para tomar la decisión de incluir o no algunas especies, por lo que se presenta la información que fue útil para tomar la decisión de inclusión o exclusión y la construcción de la base de datos, información que puede ser de utilidad a los usuarios con interés en este grupo de vegetales.

Durante la revisión de los nombres de los autores de los taxa, aquellos que no se localizaron en CONABIO (2008) fueron revisados y agregados de acuerdo con Mickel y Smith (2004); la clasificación de familia, orden y clase se basó en Smith *et al.* (2006); también se incluye la división, clase, orden, familia y subfamilia, siguiendo a Christenhusz *et al.* (2011); se agrega además la división según Cronquist (1986) y la familia y subfamilia propuesta por Mickel y Smith (2004). La mayoría de las especies comentadas en este apéndice no se encontraron en CONABIO (2008) y Mickel y Smith (2004) no las consideran presentes en México.

Athyrium filix-femina. Se encontraron 40 registros en el SNIB, sin embargo, no se localizó en CONABIO (2008). Mickel y Smith (2004) mencionan que en Smith (1981) y Stolze (1981), *A. bourgeaui* fue referida a las especies de zonas templadas del norte, en un sentido amplio como *A. filix-femina,* la cual requiere de un trabajo de taxonomía moderna (monografía). En *The plant list* (2010) se incluyen 25 sinónimos para *Athyrium filix-femina*. Se describe como una especie cosmopolita que no ha sido bien estudiada. En México hay dos extremos de este complejo: *A. bourgeaui* y *A. arcuatum,* ambas consideradas especies distintas por Mickel y Beitel (1988).

Los organismos de *A. arcuatum* son plantas grandes con láminas deltadas[1] y pinnas basales[2] más grandes, arqueadas hacia arriba en su extremo distal; *A. bourgeaui* es aplicado a plantas con láminas al menos ligeramente más pequeñas proximalmente (figura 1); sin embargo, parece que no hay otros caracteres que los distingan aparte de la forma de las hojas y sí hay especímenes intermedios. Se considera que los especímenes del noroeste de México, con bases de las láminas reducidas, pueden ser el mismo que A. *filix-femina* var. *californicum* o var. *cyclosorum* o ser la misma especie que *A. bourgeaui,* ya que no parece haber carácter que distinga a las variedades. Mickel y Smith (2004) no encuentran distinción clara entre las variedades *californicum* o *cyclosorum* del oeste de EUA, pero hasta que las relaciones de las especies norteamericanas y europeas se entiendan, se prefiere usar el nombre más antiguo de México para este taxón. Por lo anterior, se optó por manejarla como *A. bourgeaui*.

Elaphoglossum latifolium. Se reporta un registro en la base de datos del SNIB, pero su presencia en México se encuentra en duda. Mickel y Smith (2004) mencionan que es muy cercano a *E. sartorii*, pero es probable sea diferente, ya que *E. latifolium* es del oeste de la India y ambas representan el complejo con más dificultad en el género, ya que presentan una gran variación en varios caracteres (tamaño de la hoja o fronda, forma de la lámina, color de las escamas de rizoma, entre otras). Por estas razones se excluyó del listado del apéndice 22.

Elaphoglossum pachecoanum. Se reporta un registro en la base de datos del herbario del Inecol. De acuerdo con UNIBIO (2010), se encuentran depositados cinco ejemplares en el herbario nacional del Instituto de Biología de la UNAM (por sus siglas MEXU), clasificada como Polypodiaceae, donde se indica que la planta proviene de la "ladera norte del volcán Concepción, isla Ometepec, de Nicaragua". Sin embargo, no se encontró más información sobre la especie. Se reporta para el municipio de Coalcomán en Michoacán.

Terpsichore heteromorpha. Especie reportada en Díaz y Palacios-Ríos (1992) como *Grammitis heteromorpha,* con un registro. Está incluido un registro en el SNIB (apéndice 22), pero no se reporta por CONABIO (2008). Mickel y Smith (2004) tampoco la reportan y mencionan que *G. heteromorpha* es una especie restringida a los Andes, ocurriendo desde Colombia hasta Perú, y la distinguen de especímenes de *T. heteromorpha*, la cual presenta caracteres diferentes a las especies mexicanas. En *The plant list* (2010) se menciona que el nombre aceptado es *T. heteromorpha* y que tiene como sinónimo a *Polypodium heteromorphum*, sin embargo, en ese sitio web, y en otros, se encuentra que el epíteto de *Polypodium* que se incluye es *heteromorphum*; el ejemplar tipo es oriundo de Ecuador y en IPNI (2005) se puede localizar el registro histórico de los cambios taxonómicos de la especie.

Elaphoglossum muelleri. Aceptada y presentada en el apéndice 22. De acuerdo con Mickel y Smith (2004) es bastante variable en escamas y tamaño de la planta; se distingue de

[1]Lámina deltada: porción verde y aplanada de la hoja, en forma de triángulo equilátero, que capta luz solar para la fotosíntesis.
[2]Pinnas basales: en una hoja dividida (compuesta), son los segmentos o porciones inferiores.

Silva-Sáenz, P. 2019. Helechos y plantas afines (Pteridophyta). Apéndice 23. Consideraciones taxonómicas en especies de pteridofitas. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2* (digital), vol. II. CONABIO, México, pp. 543-545.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

FIGURA 1. Se puede apreciar la diferencia entre las pinas basales de las especies: a) *Athyrium arcuatum* y b) *A. bourgeaui*. Ejemplares del herbario del Instituto de Ecología, A.C. (IEB). Fotos: Dagoberto Valentín Martínez 2014.

E. petiolatum y de *E. gratum* por las escamas color naranja del rizoma. Es abundante en México y dudosa en el sur de Guatemala. Ha sido tratada bajo el nombre de *E. pilosum* (el cual tiene el tipo en Venezuela), aunque es más estrecho, con escamas no ciliadas en el rizoma y la base del estipe. Reportes de *E. pilosum* pueden aplicarse a *E. muelleri*, *E. petiolatum*, *E. potosianum* o *E. rzedowskii*. Mickel y Smith (2004) no registran *E. muelleri*, pero sí *E. petiolatum*.

Astrolepis sinuata. Es el nombre (y sinonimias) que se consideró basándose en Mickel y Smith (2004). INECOL (2013) reporta *Notholaena sinuata* para los municipios de Puruándiro, Erongarícuaro, Morelia y Zinapécuaro. Los mismos Mickel y Smith (2004) consideran *N. sinuata* como sinónimo de *A. sinuata*. CONABIO (2008) las separa como especies diferentes y se mencionan los siguientes sinónimos para *Acrostichum sinuata* (Lag. ex Sw.) D.M. Benham y Windham, 1992: *Acrostichum sinuatum* Lag. ex Sw, 1806, *Astrolepis sinuata* subsp. *mexicana* D.M. Benham 1992, *Notholaena chalcolepis* A. Braun ex Kunze 1839. *Notholaena sinuatapinnatifida* Farw. 1931 y *Notholaena sinuatarobusta* Hevly.

Phlebodium aureum. Se ha excluido de la presente contribución. Se registra en EBUM (2012) y en INECOL (2013), sin embargo, no se reporta en la CONABIO (2008) ni en Mickel y Smith (2004). *The plant list* (2010) considera *P. aureum*, pero con bajo nivel de confianza e incluye como sinónimos: *Pleopeltis aurea* (L.) C. Presl 1836, *Chrysopteris aurea* (L.) Link 1841, *Polypodium aureum* L. 1753, *Polypodium leucatomos* Poir. 1804.

Polypodium virginianum. Es una especie sólo reportada por el SNIB (2013). No es reconocida en CONABIO (2008) ni en Mickel y Smith (2004); *The plant list* (2010) y *Tropicos* (2013) la incluyen. Se ha agregado aquí, no descartando la posibilidad de su presencia dada la falta de exploraciones y revisiones necesarias.

La información expuesta muestra la necesidad de investigaciones que ayuden a aclarar las inconsistencias taxonómicas en este grupo de plantas, especialmente las especies de dudosa presencia, de especies raras, que han sido poco colectadas o de las que no hay un acuerdo o consenso entre los especialistas sobre su presencia en México.

REFERENCIAS

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Catálogo de autoridades taxonómicas de helechos y plantas afines (Pteridophyta) de México. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.* En: <*https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/helechos/helechosCat.html*>, última consulta: 9 de abril de 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Christenhusz, M.J.M., X. Zhan y H. Schneider. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19:7-54.

Cronquist, A. 1986. *Introducción a la botánica*. CECSA, México.

EBUM. 2012. Base de datos del herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

Grusz, A.L. y M.D. Windham. 2013. Toward a monophyletic *Cheilanthes*: The resurrection and recircumscription of *Myriopteris* (Pteridaceae). *PhytoKeys* 32: 49-64.

INECOL. 2013. Base de datos del herbario del Instituto de Ecología A.C., Pátzcuaro, Michoacán.

IPNI. 2005. *The international plant names index*. En: <*https://www.ipni.org/*>, última consulta: 9 de abril de 2019.

Li, F.W, K.M. Pryer y M.D. Windham. 2012. Gaga, a new fern genus segregated from *Cheilanthes* (Pteridaceae). *Systematic Botany* 37(4):845-860.

Mickel, J.T. y J.M. Beitel. 1988. *Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico*. The New York Botanical Garden, EUA.

Mickel, J.T. y A.R. Smith. 2004. *The pteridophytes of Mexico*. *Memoirs of The New York Botanical Garden*. Vol. 88. The New York Botanical Garden, EUA.

Smith, A.R. 1981. Pteridophytes. En: *Flora of Chiapas*. D.E. Breedlove (ed.). California Academy of Sciences, San Francisco.

Smith, A.R., M.P. Kathleen, E. Schuettpelz *et al.* 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55:705-731.

Smith, A.R. y J.D. Tejero-Díez. 2014. *Pleopeltis* (Polypodiaceae), a redifinition of the genus and nomenclatural novelties. *Botanical Sciences* 92(1):43-58.

Stolze, R.G. 1981. *Ferns and fern alliens of Guatemala*. Part 2. Polypodiaceae. Fieldiana. Botany series, Chicago.

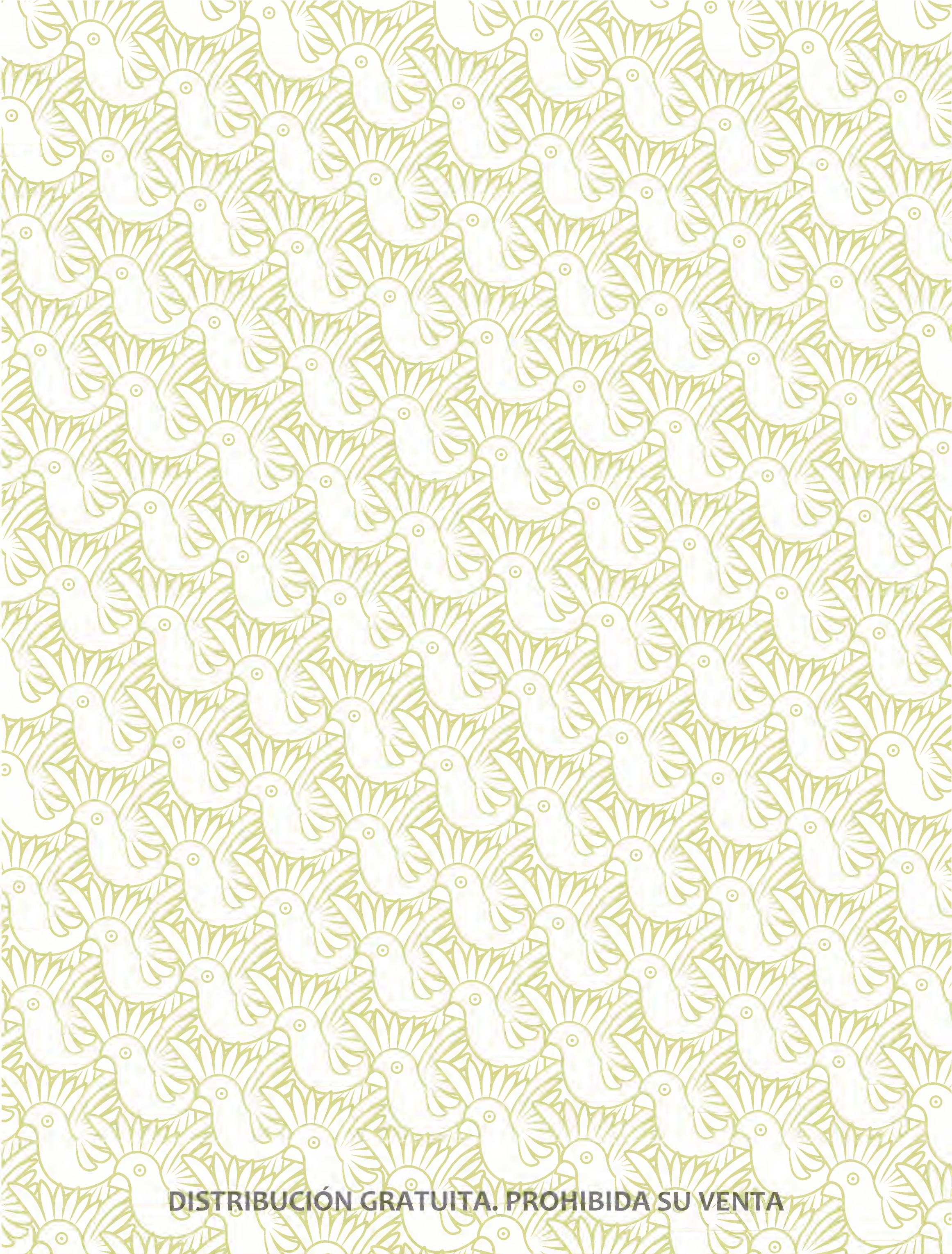
The plant list. 2010. Version 1. En: <*http://www.theplantlist.org/*>, última consulta: 5 de marzo de 2013.

Tropicos. 2013. Missouri Botanical Garden. En: <*http://www.tropicos.org /Name/26602421*>, última consulta: 29 de octubre de 2013.

UNIBIO. Colecciones biológicas. 2010. *Elaphoglossum pachecoanum* A. rojas. IBUNAM: MEXU:PVsn1237. Instituto de Biología, UNAM. En: <*http://unibio.unam.mx/*>, última consulta: 9 de abril de 2019.

Yatskievych, G. y A.L. Arbeláez A. 2008. A new species and three generic transfers in the fern genus *Notholaena* (Pteridaceae). *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature* 18(1):120-124.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Apéndice 53. Catálogo taxonómico de las aves de Michoacán, México.

Reino Animalia Linnaeus, 1758
Phylum Chordata Bateson, 1885
Subphylum Vertebrata Cuvier, 1812
Clase Aves Linnaeus, 1758
Subclase Neornithes Gadow, 1893

Superorden Paleognathae Pycraft, 1900
ORDEN TINAMIFORMES Huxley, 187
Familia Tinamidae Boetticher, 1934 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Crypturellus* Brabourne & Chubb, 1914
Crypturellus cinnamomeus (Lesson, 1842) Tinamú canelo, Thicket Tinamou
Subespecie: ***occidentalis*** (Salvadori, 1895)

Superorden Neognathae Pycraft, 1900
ORDEN ANSERIFORMES Wagler, 1831
Suborden Anseres
Superfamilia Anatoidea
Familia Anatidae Delacour & Mayr, 1945-46 . . . . . géneros: **11**, especies: **22**
Subfamilia Dendrocygninae
Tribu Dendrocygnini
Género *Dendrocygna* Swainson, 1837
Dendrocygna autumnalis (Linnaeus, 1758) Pijije alas blancas, Black-bellied Whistling-Duck
Subespecie: ***autumnalis*** (Linnaeus, 1758)
D. bicolor (Vieillot, 1816) Pijije canelo, Fulvous Whistling-Duck
Subfamilia Anserinae
Tribu Anserini
Género *Anser* Brisson, 1760
Anser albifrons (Scopoli, 1769) Ganso careto mayor, Greater White-fronted Goose
Subespecie: ***frontalis*** Baird, 1858
Género *Chen* Boie, 1822
Chen caerulescens (Linnaeus, 1758) Ganso blanco, Snow Goose
Sinónimo: ***Anser caerulescens*** (Linnaeus, 1758); ***Chen hyperborea*** (Pallas, 1769)
Subespecie: ***caerulescens*** (Linnaeus, 1758)
Subfamilia Anatinae
Tribu Anatini
Género *Cairina* Fleming, 1822
Cairina moschata (Linnaeus, 1758) Pato real, Muscovy Duck
Género *Aix* Boie, 1828
Aix sponsa (Linnaeus, 1758) Pato arcoiris, Wood Duck
Género *Anas* Linnaeus, 1758
Anas strepera Linnaeus, 1758 Pato friso, Gadwall
Sinónimo: ***Chaulelasmus streperus*** (Linnaeus, 1758)
A. americana Gmelin, 1789 Pato chalcuán, American Wigeon
Sinónimo: ***Mareca americana*** (Gmelin, 1789)
A. platyrhynchos Linnaeus, 1758 Pato de collar, Mallard
Subespecie: ***diazi*** Ridgway, 1886
A. discors Linnaeus, 1766 Cerceta alas azules, Blue-winged Teal
A. cyanoptera Vieillot, 1816 Cerceta canela, Cinnamon Teal
Subespecie: ***septentrionalium*** Snyder & Lumsden, 1951

Villaseñor-Gómez, L.E. y J.F. Villaseñor-Gómez. 2019. Aves. Apéndice 53. Catálogo taxonómico de las aves de Michoacán, México. En: *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2* (digital), vol. II. CONABIO, México, pp. 547-577.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

A. clypeata Linnaeus, 1758 Pato cucharón-norteño, Northern Shoveler
Sinónimo: ***Spatula clypeata*** Linnaeus, 1758
A. acuta Linnaeus, 1758 Pato golondrino, Northern Pintail
Subespecie: ***acuta*** Linnaeus, 1758
A. crecca Linnaeus, 1758 Cerceta alas verdes, Green-winged Teal
Subespecie: ***carolinensis*** Gmelin, 1789
Tribu Aythyini
Género *Aythya* Boie, 1822
Aythya valisineria (Wilson, 1814) Pato coacoxtle, Canvasback
A. americana (Eyton, 1838) Pato cabeza roja, Redhead
A. collaris (Donovan, 1809) Pato pico anillado, Ring-necked Duck
A. affinis (Eyton, 1838) Pato-boludo menor, Lesser Scaup
Tribu Mergini
Género *Bucephala* Baird, 1858
Bucephala albeola (Linnaeus, 1758) Pato monja, Bufflehead
Género *Lophodytes* Reichenbach, 1853
Lophodytes cucullatus (Linnaeus, 1758) Mergo cresta blanca, Hooded Merganser
Sinónimo: ***Mergus cucullatus*** Linnaeus, 1758
Tribu Oxyurini
Género *Nomonyx* Ridgway, 1880
Nomonyx dominicus (Linnaeus, 1766) Pato enmascarado, Masked Duck
Sinónimo: ***Oxyura dominica*** (Linnaeus, 1766)
Género *Oxyura* Bonaparte, 1828
Oxyura jamaicensis (Gmelin, 1789) Pato tepalcate, Ruddy Duck
Subespecie: ***jamaicensis*** (Gmelin, 1789)

ORDEN GALLIFORMES Temminck, 1820
Superfamilia Cracoidea
Familia Cracidae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **2**, especies: **2**
Género *Ortalis* Merrem, 1786
Ortalis poliocephala (Wagler, 1830) Chachalaca pálida, West Mexican Chachalaca
Género *Penelope* Merrem, 1786
Penelope purpurascens Wagler, 1830 Pava cojolita, Crested Guan
Subespecie: ***purpurascens*** Wagler, 1830
Superfamilia Phasianoidea
Familia Odontophoridae Gould, 1844 . . . . . géneros: **4**, especies: **4**
Género *Dendrortyx* Gould, 1844
Dendrortyx macroura (Jardine & Selby, 1828) Codorniz coluda transvolcánica, Long-tailed Wood-Partridge
Subespecie: ***striatus*** Nelson, 1897
Género *Philortyx* Gould, 1846
Philortyx fasciatus (Gould, 1843) Codorniz rayada, Banded Quail
Género *Colinus* Goldfuss, 1820
Colinus virginianus (Linnaeus, 1758) Codorniz cotuí, Northern Bobwhite
Subespecie: ***graysoni*** (Lawrence, 1867)
Género *Cyrtonyx* Gould, 1844
Cyrtonyx montezumae (Vigors, 1830) Codorniz de Moctezuma, Montezuma Quail
Subespecies: ***montezumae*** (Vigors, 1830); ***sallei*** Verreaux, 1859
Familia Phasianidae Horsfield, 1821 . . . . . géneros: **4**, especies: **4**
Subfamilia Phasianinae
Género *Gallus* Brisson, 1766
Gallus gallus Linnaeus, 1758 Gallo común, Red Junglefowl
Género *Phasianus* Linnaeus, 1758
Phasianus colchicus Linnaeus, 1758 Faisán de collar, Ring-necked Pheasant

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Pavo* Linnaeus, 1758
Pavo cristatus Linnaeus, 1758 Faisán, Indian Peafowl
Subfamilia Meleagridinae
Género *Meleagris* Linnaeus, 1758
Meleagris gallopavo Linnaeus, 1758 Guajolote norteño, Wild Turkey
Subespecies: ***mexicana*** Gould, 1856; ***gallopavo*** Linnaeus, 1758

ORDEN GAVIIFORMES Wetmore & Miller, 1926
Familia Gaviidae Coues, 1903 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Gavia* Forster, 1788 . . . . . .
Gavia immer (Brünnich, 1764) Colimbo común, Common Loon

ORDEN PODICIPEDIFORMES Fürbringer, 1888
Familia Podicipedidae Bonaparte, 1831 . . . . . géneros: **4**, especies: **5**
Género *Tachybaptus* Reichenbach, 1853
Tachybaptus dominicus (Linnaeus, 1766) Zambullidor menor, Least Grebe
Sinónimo: ***Colymbus dominicus*** Linnaeus, 1766
Subespecie: ***brachypterus*** (Chapman, 1899)
Género *Podilymbus* Lesson, 1831
Podilymbus podiceps (Linnaeus, 1758) Zambullidor pico grueso, Pied-billed Grebe
Subespecie: ***podiceps*** (Linnaeus, 1758)
Género *Podiceps* Latham, 1787
Podiceps nigricollis Brehm, 1831 Zambullidor orejón, Eared Grebe
Sinónimo: ***Colymbus nigricollis*** (Brehm, 1831)
Subespecie: ***californicus*** Heermann, 1854
Género *Aechmophorus* Coues, 1862
Aechmophorus occidentalis (Lawrence, 1858) Achichilique pico amarillo, Western Grebe
Subespecie: ***ephemeralis*** Dickerman, 1986
A. clarkii Lawrence, 1858 Achichilique pico naranja, Clark's Grebe
Subespecie: ***clarkii*** Lawrence, 1858

ORDEN PROCELLARIIFORMES Fürbringer, 1888
Familia Procellariidae Mathews, 1934 . . . . . géneros: **2**, especies: **8**
Género *Fulmarus* Stephens, 1826
Fulmarus glacialis Linnaeus, 1761 Fulmar norteño, Northern Fulmar
Subespecie: ***rodgersii*** Cassin, 1862
F. glacialoides Smith, 1840 Fulmar sureño, Southern Fulmar
Sinónimo: ***Priocella antarctica*** (Stephens, 1826)
Género *Puffinus* Brisson, 1760
Puffinus creatopus Coues, 1864 Pardela patas rosadas, Pink-footed Shearwater
P. pacificus (Gmelin, 1789) Pardela cola cuña, Wedge-tailed Shearwater
P. griseus (Gmelin, 1789) Pardela gris, Sooty Shearwater
P. nativitatis Streets, 1877 Pardela de Isla Navidad, Christmas Shearwater
P. auricularis Townsend, 1890 Pardela de Islas Revillagigedo, Townsend's Shearwater
Subespecie: ***auricularis*** Townsend, 1890
P. lherminieri Lesson, 1839 Pardela de Audubon, Audubon's Shearwater
Subespecie: ***loyemilleri*** Wetmore, 1959
Familia Hydrobatidae Mathews, 1934 . . . . . género: **1**, especies: **4**
Género *Oceanodroma* Reichenbach, 1853
Oceanodroma leucorhoa (Vieillot, 1818) Paíño de Leach, Leach's Storm-Petrel
O. tethys (Bonaparte, 1852) Paíño de Galápagos, Wedge-rumped Storm-Petrel
O. melania (Bonaparte, 1854) Paíño negro, Black Storm-Petrel
O. microsoma (Coues, 1864) Paíño mínimo, Least Storm-Petrel
Sinónimo: ***Halocyptena microsoma*** Coues, 1864

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ORDEN PHAETHONTIFORMES Sharpe, 1891

Suborden Phaethontes

Familia Phaethontidae Brandt, 1840 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Phaethon* Linnaeus, 1758

Phaethon aethereus Linnaeus, 1758 Rabijunco pico rojo, Red-billed Tropicbird

Subespecie: ***mesonauta*** Peters, 1930

ORDEN CICONIIFORMES Bonaparte, 1854

Familia Ciconiidae Hellmayr & Conover, 1948 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Mycteria* Linnaeus, 1758

Mycteria americana Linnaeus, 1758 Cigüeña americana, Wood Stork

ORDEN SULIFORMES Reichenbach, 1849

Suborden Fregatae

Familia Fregatidae Degland & Gerbe, 1867 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Fregata* Lacépède, 1799

Fregata magnificens Mathews, 1914 Fragata tijereta, Magnificent Frigatebird

Familia Sulidae Reichenbach, 1849. . . . . .género: **1**, especies: **4**

Género *Sula* Brisson, 1760

Sula dactylatra Lesson, 1831 Bobo enmascarado, Masked Booby

Subespecie: ***granti*** Rothschild, 1902

S. nebouxii Milne-Edwards, 1882 Bobo patas azules, Blue-footed Booby

Subespecie***: nebouxii*** Milne Edwards, 1882

S. leucogaster (Boddaert, 1783) Bobo café, Brown Booby

Subespecie: ***brewsteri*** (Goss, 1888) . . . . . .

S. sula (Linnaeus, 1766) Bobo patas rojas, Red-footed Booby

Subespecie: ***websteri*** (Rothschild, 1898)

Familia Phalacrocoracidae Reichenbach, 1850. . . . . .género: **1**, especies: **2**

Género *Phalacrocorax* Brisson, 1760

Phalacrocorax brasilianus (Gmelin, 1789) Cormorán neotropical, Neotropic Cormorant

Sinónimo: ***Phalacrocorax olivaceus*** (Humboldt, 1805)

Subespecie: ***mexicanus*** (Brandt, 1837)

P. auritus (Lesson, 1831) Cormorán orejón, Double-crested Cormorant

Subespecie: ***albociliatus*** Ridgway, 1884

Familia Anhingidae Reichenbach, 1849 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Anhinga* Brisson, 1760

Anhinga anhinga (Linnaeus, 1766) Anhinga americana, Anhinga

Subespecie: ***leucogaster*** (Vieillot, 1816)

ORDEN PELECANIFORMES van Tets, 1965

Familia Pelecanidae Rafinesque, 1815 . . . . . .género: **1**, especies: **2**

Género *Pelecanus* Linnaeus, 1758

Pelecanus erythrorhynchos Gmelin, 1789 Pelícano blanco americano, American White Pelican

P. occidentalis Linnaeus, 1766 Pelícano café, Brown Pelican

Subespecie: ***californicus*** Ridgway, 1884

Familia Ardeidae Kuroda, Nagamichi, 1936 . . . . . géneros: **10**, especies: **14**

Tribu Botaurini

Género *Botaurus* Stephens, 1819

Botaurus lentiginosus (Rackett, 1813) Avetoro norteño, American Bittern

Género *Ixobrychus* Billberg, 1828

Ixobrychus exilis (Gmelin, 1789) Avetoro menor, Least Bittern

Subespecie: ***exilis*** (Gmelin, 1789)

Tribu Tigrisomatini

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Tigrisoma* Swainson, 1827

Tigrisoma mexicanum Swainson, 1834 Garza tigre mexicana, Bare-throated Tiger-Heron

Sinónimo: ***Heterocnus mexicanus*** (Swainson, 1834)

Tribu Ardeini

Género *Ardea* Linnaeus, 1758

Ardea herodias Linnaeus, 1758 Garza morena, Great Blue Heron

Sinónimo: ***Ardea occidentalis*** Audubon, 1835

Subespecie: ***herodias*** Linnaeus, 1758

A. alba (Linnaeus, 1758) Garza blanca, Great Egret

Sinónimo: ***Casmerodius albus*** (Linnaeus, 1758)

Subespecie: ***egretta*** (Gmelin, 1789)

Género *Egretta* Forster, 1817

Egretta thula (Molina, 1782) Garceta dedos dorados, Snowy Egret

Sinónimo: ***Leucophoyx thula*** (Molina, 1782)

Subespecie: ***thula*** (Molina, 1782)

E. caerulea (Linnaeus, 1758) Garza azul, Little Blue Heron

Sinónimo: ***Florida caerulea*** (Linnaeus, 1758)

E. tricolor (Müller, 1776) Garza tricolor, Tricolored Heron

Sinónimo: ***Hydranassa tricolor*** (Müller, 1776)

Subespecie: ***ruficollis*** Gosse, 1847

E. rufescens (Gmelin, 1789) Garza rojiza, Reddish Egret

Sinónimo: ***Dichromanassa rufescens*** (Gmelin, 1789)

Subespecie: ***dickeyi*** (van Rossem, 1926)

Género *Bubulcus* Bonaparte, 1855

Bubulcus ibis (Linnaeus, 1758) Garza ganadera, Cattle Egret

Subespecie: ***ibis*** (Linnaeus, 1758)

Género *Butorides* Blyth, 1852

Butorides virescens (Linnaeus, 1758) Garcita verde, Green Heron

Subespecie: ***virescens*** (Linnaeus, 1758)

Tribu Nycticoracini

Género *Nycticorax* Forster, 1817

Nycticorax nycticorax (Linnaeus, 1758) Garza nocturna corona negra, Black-crowned Night-Heron

Subespecie: ***hoactli*** (Gmelin, 1789)

Género *Nyctanassa* Stejneger, 1887

Nyctanassa violacea (Linnaeus, 1758) Garza nocturna corona clara, Yellow-crowned Night-Heron

Subespecie: ***bancrofti*** (Huey, 1927)

Género *Cochlearius* Brisson, 1760

Cochlearius cochlearius (Linnaeus, 1766) Garza cucharón, Boat-billed Heron

Subespecie: ***zeledoni*** (Ridgway, 1885)

Suborden Threskiornithes

Familia Threskiornithidae Chapin, 1932 . . . . . géneros: **3**, especies: **3**

Subfamilia Threskiornithinae

Género *Eudocimus* Wagler, 1832

Eudocimus albus (Linnaeus, 1758) Ibis blanco, White Ibis

Sinónimo: ***Guara alba*** (Linnaeus, 1758)

Género *Plegadis* Kaup, 1829

Plegadis chihi (Vieillot, 1817) Ibis ojos rojos, White-faced Ibis

Subfamilia Plataleinae

Género *Platalea* Linnaeus, 1758

Platalea ajaja Linnaeus, 1758 Espátula rosada, Roseate Spoonbill

Sinónimo: ***Ajaia ajaja*** (Linnaeus, 1758)

ORDEN ACCIPITRIFORMES Sharpe, 1874

Familia Cathartidae Amadon, 1978 . . . . . géneros: **3**, especies: **3**

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Coragyps* Le Maout, 1853

Coragyps atratus (Bechstein, 1793) Zopilote común, Black Vulture

Subespecies: ***atratus*** (Bechstein, 1793); ***brasiliensis*** (Bonaparte, 1850)

Género *Cathartes* Illiger, 1811

Cathartes aura (Linnaeus, 1758) Zopilote aura, Turkey Vulture

Subespecie: ***aura*** (Linnaeus, 1758)

Género *Sarcoramphus* Duméril, 1806

Sarcoramphus papa (Linnaeus, 1758) Zopilote rey, King Vulture

Familia Pandionidae Bonaparte, 1854. . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Pandion* Savigny, 1809

Pandion haliaetus (Linnaeus, 1758) Águila pescadora, Osprey

Subespecie: ***carolinensis*** (Gmelin, 1788)

Familia Accipitridae Vieillot, 1816 . . . . . géneros: **13**, especies: **24**

Subfamilia Accipitrinae

Género *Chondrohierax* Lesson, 1843

Chondrohierax uncinatus (Temminck, 1822) Gavilán pico de gancho, Hook-billed Kite

Subespecie: ***uncinatus*** (Temminck, 1822)

Género *Elanus* Savigny, 1809

Elanus leucurus (Vieillot, 1818) Milano cola blanca, White-tailed Kite

Subespecie: ***majusculus*** Bangs & Penard, 1920

Género *Rostrhamus* Lesson, 1830

Rostrhamus sociabilis (Vieillot, 1817) Gavilán caracolero, Snail Kite

Subespecie: ***major*** Nelson & Goldman, 1933

Género *Ictinia* Vieillot, 1816

Ictinia mississippiensis (Wilson, 1811) Milano de Mississippi, Mississippi Kite (HIPOTÉTICA)

Género *Circus* Lacépède, 1799

Circus cyaneus (Linnaeus, 1766) Gavilán rastrero, Northern Harrier

Subespecie***: hudsonius*** (Linnaeus, 1766)

Género *Accipiter* Brisson, 1760

Accipiter striatus Vieillot, 1808 Gavilán pecho canela, Sharp-shinned Hawk

Subespecie: ***velox*** (Wilson, 1812)

A. cooperii (Bonaparte, 1828) Gavilán de Cooper, Cooper's Hawk

Género *Geranospiza* Kaup, 1847

Geranospiza caerulescens (Vieillot, 1817) Gavilán zancón, Crane Hawk

Sinónimo: ***Geranospiza nigra*** (Du Bus, 1847)

Subespecie: ***nigra*** (Du Bus, 1847)

Género *Buteogallus* Lesson, 1830

Buteogallus anthracinus (Deppe, 1830) Aguililla negra menor, Common Black Hawk

Subespecie: ***anthracinus*** (Deppe, 1830)

B. urubitinga (Gmelin, 1788) Aguililla negra mayor, Great Black Hawk

Sinónimo: ***Hypomorphnus urubitinga*** (Gmelin, 1788)

Subespecie: ***ridgwayi*** (Gurney, 1884)

B. solitarius (Tschudi, 1844) Águila solitaria, Solitary Eagle (HIPOTÉTICA)

Sinónimos: ***Harpyhaliaetus solitarius*** (Tschudi, 1844); ***Urubitornis solitaria*** (Tschudi, 1844)

Subespecie: ***sheffleri*** (van Rossem, 1948)

Género *Rupornis Kaup,* 1844

Rupornis magnirostris (Gmelin, 1788) Aguililla caminera, Roadside Hawk

Sinónimo: ***Buteo magnirostris*** (Gmelin, 1788)

Subespecie: ***griseocauda*** Ridgway, 1873

Género *Parabuteo* Ridgway, 1874

Parabuteo unicinctus (Temminck, 1824) Aguililla rojinegra, Harris's Hawk

Subespecie: ***harrisi*** (Audubon, 1837)

Género *Geranoaetus Kaup,* 1844

Geranoaetus albicaudatus (Vieillot, 1816) Aguililla cola blanca, White-tailed Hawk

Sinónimo: ***Buteo albicaudatus*** Vieillot, 1816

Subespecie: ***hypospodius*** Gurney, 1876

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Buteo* Lacépède, 1799

Buteo plagiatus (Latham, 1790) Aguililla gris, Gray Hawk

Sinónimos: ***Buteo nitidus plagiatus*** (Schlegel, 1862); ***Asturina nitida*** (Latham, 1790)

B. lineatus (Gmelin, 1788) Aguililla pecho rojo, Red-shouldered Hawk

Subespecie: ***elegans*** Cassin, 1856

B. platypterus Vieillot, 1823 Aguililla alas anchas, Broad-winged Hawk (HIPOTÉTICA)

Subespecie: ***platypterus*** Vieillot, 1823

B. brachyurus (Vieillot, 1816) Aguililla cola corta, Short-tailed Hawk

Subespecie: ***fulginosus*** Sclater, 1858

B. swainsoni Bonaparte, 1832 Aguililla de Swainson, Swainson's Hawk

B. albonotatus Kaup, 1847 Aguililla aura, Zone-tailed Hawk

B. jamaicensis (Gmelin, 1788) Aguililla cola roja, Red-tailed Hawk

Subespecies: ***calurus*** Cassin, 1855; ***borealis*** (Gmelin, 1788): ***hadropus*** Storer, 1962

B. lagopus (Pontoppidan, 1763) Aguililla árctica, Rough-legged Hawk (HIPOTÉTICA)

B. regalis (Gray, 1844) Aguililla real, Ferruginous Hawk

Género *Aquila* Brisson, 1760

Aquila chrysaetos Linnaeus, 1758 Águila real, Golden Eagle

Subespecie: ***canadensis*** (Linnaeus, 1758)

ORDEN GRUIFORMES Bonaparte, 1854

Familia Rallidae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **8**, especies: **11**

Género *Coturnicops* Gray, 1855

Coturnicops noveboracensis (Gmelin, 1789) Polluela amarilla, Yellow Rail

Subespecie: ***goldmani*** (Nelson, 1904)

Género *Rallus* Linnaeus, 1758

Rallus obsoletus (Ridgway, 1874) Rascón costero del Pacífico, Ridgway´s Rail

R. tenuirostris (Ridgway, 1874) Rascón azteca, Aztec Rail

Subespecie: ***tenuirostris*** (Ridgway, 1874)

R. limicola Vieillot, 1819 Rascón cara gris, Virginia Rail

Subespecies: ***limicola*** Vieillot, 1819; ***friedmanni*** Dickerman 1966

Género *Aramides* Pucheran, 1845

Aramides axillaris Lawrence, 1863 Rascón cuello canela, Rufous-necked Wood-Rail

Género *Porzana* Vieillot, 1816

Porzana carolina (Linnaeus, 1758) Polluela sora, Sora

P. flaviventer Boddaert, 1783 Polluela pecho amarillo, Yellow-breasted Crake (HIPOTÉTICA)

Subespecie: ***woodi*** van Rossem, 1934

Género *Pardirallus* Bonaparte, 1856

Pardirallus maculatus (Boddaert, 1783) Rascón pinto, Spotted Rail

Subespecie: ***insolitus*** (Bangs & Peck, 1908)

Género *Porphyrio* Brisson, 1760

Porphyrio martinicus (Linnaeus, 1766) Gallineta morada, Purple Gallinule

Sinónimos: ***Porphyrula martinica*** (Linnaeus, 1766); ***Porphyrio martinica*** (Linnaeus, 1766)

Género *Gallinula* Brisson, 1760

Gallinula galeata (Linnaeus, 1758) Gallineta frente roja, Common Moorhen

Subespecie: ***cachinnans*** Bangs, 1915

Género *Fulica* Linnaeus, 1758

Fulica americana Gmelin, 1789 Gallareta americana, American Coot

Subespecie: ***americana*** Gmelin, 1789

Familia Gruidae Vigors, 1825 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Grus* Brisson, 1760

Subfamilia Gruinae

Grus canadensis (Linnaeus, 1758) Grulla gris, Sandhill Crane

Subespecies: ***tabida*** (Peters, 1925)

ORDEN CHARADRIIFORMES Huxley, 1867

Familia Recurvirostridae Bonaparte, 1854 . . . . . géneros: **2**, especies: **2**

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Himantopus* Brisson, 1760

Himantopus mexicanus (Müller, 1776) Monjita americana, Black-necked Stilt

Subespecie: ***mexicanus*** (Müller, 1776)

Género *Recurvirostra* Linnaeus, 1758

Recurvirostra americana Gmelin, 1789 Avoceta americana, American Avocet

Familia Haematopodidae Bonaparte, 1838 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Haematopus* Linnaeus, 1758

Haematopus palliatus Temminck, 1820 Ostrero americano, American Oystercatcher

Subespecies: ***frazari*** Brewster, 1888; ***palliatus*** Temminck, 1820

Suborden Charadrii

Familia Charadriidae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **2**, especies: **7**

Subfamilia Charadriinae

Género *Pluvialis* Brisson, 1760

Pluvialis squatarola (Linnaeus, 1758) Chorlo gris, Black-bellied Plover

Sinónimo: ***Squatarola squatarola*** (Linnaeus, 1758)

P. dominica (Müller, 1766) Chorlo dorado americano, American Golden-Plover

Género *Charadrius* Linnaeus, 1758

Charadrius collaris Vieillot, 1818 Chorlo de collar, Collared Plover

C. nivosus (Cassin, 1858) Chorlo nevado, Snowy Plover

Sinónimo: ***Charadrius alexandrinus*** Linnaeus, 1758

C. wilsonia Ord, 1814 Chorlo pico grueso, Wilson's Plover

Subespecie: ***beldingi*** (Ridgway, 1919)

C. semipalmatus Bonaparte, 1825 Chorlo semipalmeado, Semipalmated Plover

C. vociferus Linnaeus, 1758 Chorlo tildío, Killdeer

Subespecie: ***vociferus*** Linnaeus, 1758

Familia Jacanidae Lowe, 1931 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Jacana* Brisson, 1760

Jacana spinosa (Linnaeus, 1758) Jacana norteña, Northern Jacana

Subespecie: ***gymnostoma*** (Wagler, 1831)

Familia Scolopacidae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **10**, especies: **26**

Tribu Tringini

Género *Actitis* Illiger, 1811

Actitis macularius (Linnaeus, 1766) Playero alzacolita, Spotted Sandpiper

Sinónimo: ***Actitis macularia*** (Linnaeus, 1766)

Género *Tringa* Linnaeus, 1758

Tringa solitaria Wilson, 1813 Playero solitario, Solitary Sandpiper

Subespecies: ***cinnamomea*** (Brewster, 1890); ***solitaria*** Wilson, 1813

T. incana (Gmelin, 1789) Playero vagabundo, Wandering Tattler

Sinónimo: ***Heteroscelus incanus*** (Gmelin, 1789)

T. melanoleuca (Gmelin, 1789) Patamarilla mayor, Greater Yellowlegs

T. semipalmata (Gmelin, 1789) Playero pihuiuí, Willet

Sinónimo: ***Catoptrophorus semipalmatus*** (Gmelin, 1789)

Subespecie***: inornatus*** (Brewster, 1887)

T. flavipes (Gmelin, 1789) Patamarilla menor, Lesser Yellowlegs

Tribu Numeniini

Género *Bartramia* Lesson, 1831

Bartramia longicauda (Bechstein, 1812) Zarapito ganga, Upland Sandpiper

Género *Numenius* Brisson, 1760

Numenius phaeopus (Linnaeus, 1758) Zarapito trinador, Whimbrel

Subespecie: ***hudsonicus*** Latham, 1790

N. americanus Bechstein, 1812 Zarapito pico largo, Long-billed Curlew

Subespecies: ***parvus*** Bishop, 1910; ***americanus*** Bechstein, 1812

Tribu Limosini

Género *Limosa* Brisson, 1760

Limosa fedoa (Linnaeus, 1758) Picopando canelo, Marbled Godwit

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subespecie: ***fedoa*** (Linnaeus, 1758)
Subfamilia Scolopacinae
Tribu Arenariini
Género *Arenaria* Brisson, 1760
Arenaria interpres (Linnaeus, 1758) Vuelvepiedras rojizo, Ruddy Turnstone
Subespecie: ***interpres*** (Linnaeus, 1758)
Tribu Calidridini
Género *Calidris* Merrem, 1804
Calidris canutus (Linnaeus, 1758) Playero rojo, Red Knot
Subespecie: ***roselaari*** Tomkovich, 1990
C. virgata (Gmelin, 1789) Playero brincaolas, Surfbird
Sinónimo: ***Aphriza virgata*** (Gmelin, 1789)
C. himantopus (Bonaparte, 1826) Playero zancón, Stilt Sandpiper
Sinónimo: ***Micropalama himantopus*** (Bonaparte, 1826)
C. alba (Pallas, 1764) Playero blanco, Sanderling
Sinónimo: ***Crocethia alba*** (Pallas, 1764)
C. alpina (Linnaeus, 1758) Playero dorso rojo, Dunlin
Sinónimo: ***Erolia alpina*** Linnaeus, 1758
Subespecie: ***pacifica*** (Coues, 1861)
C. bairdii (Coues, 1861) Playero de Baird, Baird's Sandpiper
Sinónimo: ***Erolia bairdii*** (Coues, 1861)
C. minutilla (Vieillot, 1819) Playero diminuto, Least Sandpiper
Sinónimo: ***Erolia minutilla*** (Vieillot, 1819)
C. melanotos (Vieillot, 1819) Playero pectoral, Pectoral Sandpiper
Sinónimo: ***Erolia melanotos*** (Vieillot, 1819)
C. mauri (Cabanis, 1857) Playero occidental, Western Sandpiper
Sinónimo: ***Ereunetes mauri*** Cabanis, 1857
Tribu Limnodromini
Género *Limnodromus* Wied, 1833
Limnodromus griseus (Gmelin, 1789) Costurero pico corto, Short-billed Dowitcher
Subespecie: ***caurinus*** Pitelka, 1950
L. scolopaceus (Say, 1822) Costurero pico largo, Long-billed Dowitcher
Tribu Gallinagini
Género *Gallinago* Brisson, 1760
Gallinago delicata (Ord, 1825) Agachona norteamericana, Wilson´s Snipe
Sinónimo: ***Capella gallinago*** (Linnaeus, 1758)
Subespecie: ***delicata*** (Ord, 1825)
Subfamilia Phalaropodinae
Género *Phalaropus* Brisson, 1760
Phalaropus tricolor (Vieillot, 1819) Falaropo pico largo, Wilson's Phalarope
Sinónimo: ***Steganopus tricolor*** Vieillot, 1819
P. lobatus (Linnaeus, 1758) Falaropo cuello rojo, Red-necked Phalarope
Sinónimo: ***Lobipes lobatus*** (Linnaeus, 1758)
P. fulicarius (Linnaeus, 1758) Falaropo pico grueso, Red Phalarope
Familia Stercorariidae Gray, 1870. . . . . .género: **1**, especies: **4**
Género *Stercorarius* Brisson, 1760
Stercorarius maccormicki Saunders, 1893 Págalo sureño, South Polar Skua
Sinónimo: ***Catharacta maccormicki*** (Saunders, 1893)
S. pomarinus (Temminck, 1815) Salteador robusto, Pomarine Jaeger
S. parasiticus (Linnaeus, 1758) Salteador parásito, Parasitic Jaeger
S. longicaudus Vieillot, 1819 Salteador cola larga, Long-tailed Jaeger
Familia Alcidae Leach, 1820 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Tribu Aethiini
Género *Ptychoramphus* Brandt, 1837
Ptychoramphus aleuticus (Pallas, 1811) Alquita oscura, Cassin's Auklet

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subespecie: ***australis*** van Rossem, 1939

Familia Laridae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **12**, especies: **20**

Subfamilia Larinae

Género *Xema* Leach, 1819

Xema sabini (Sabine, 1819) Gaviota cola hendida, Sabine's Gull

Subespecie: ***sabini*** (Sabine, 1819)

Género *Leucophaeus* Bruch, 1853

Leucophaeus atricilla (Linnaeus, 1758) Gaviota reidora, Laughing Gull

Sinónimo: ***Larus atricilla*** Linnaeus, 1758

Subespecie: ***megalopterus*** Bruch, 1855

L. pipixcan (Wagler, 1831) Gaviota de Franklin, Franklin's Gull

Sinónimo: ***Larus pipixcan*** Wagler, 1831

Género *Larus* Linnaeus, 1758

L. delawarensis Ord, 1815 Gaviota pico anillado, Ring-billed Gull

L. occidentalis Audubon, 1839 Gaviota occidental, Western Gull

Subespecie: ***wymani*** Dickey & Van Rossem, 1925

L. californicus Lawrence, 1854 Gaviota californiana, California Gull

Subespecies: ***californicus*** Lawrence, 1854; ***albertaensis*** Jehl, 1987

L. argentatus Pontoppidan, 1763 Gaviota plateada, Herring Gull

Subespecie: ***smithsonianus*** Coues, 1862

Subfamilia Sterninae

Género *Anous* Stephens, 1826

Anous stolidus (Linnaeus, 1758) Charrán café, Brown Noddy

Subespecie: ***ridgwayi*** Anthony, 1898

Género *Onychoprion* Wagler, 1832

Onychoprion fuscatus (Linnaeus, 1766) Charrán albinegro, Sooty Tern

Subespecie: **crissalis** (Lawrence, 1872)

O. anaethetus (Scopoli, 1786) Charrán embridado, Bridled Tern

Sinónimo: ***Sterna anaetheta*** Scopoli, 1786

Subespecie: ***nelsoni*** Ridgway, 1919

Género *Sternula* (Boie, 1822)

Sternula antillarum (Lesson, 1847) Charrán mínimo, Least Tern

Subespecies: ***antillarum*** (Lesson, 1847); ***browni*** Mearns, 1916

Género *Gelochelidon* (Brehm, 1830)

Gelochelidon nilotica (Gmelin, 1789) Charrán pico grueso, Gull-billed Tern

Subespecie: ***aranea*** (Wilson, 1814)

Género *Hydroprogne* (Kaup, 1829)

Hydroprogne caspia (Pallas, 1770) Charrán del Caspio, Caspian Tern

Sinónimo: ***Sterna caspia*** Pallas, 1770

Género *Chlidonias* Rafinesque, 1822

Chlidonias niger (Linnaeus, 1758) Charrán negro, Black Tern

Sinónimo: ***Chlidonias nigra*** (Linnaeus, 1758)

Subespecie: ***surinamensis*** (Gmelin, 1789)

Género *Sterna* Linnaeus, 1758

Sterna hirundo Linnaeus, 1758 Charrán común, Common Tern

S. paradisaea Pontoppidan, 1763 Charrán ártico, Arctic Tern

S. forsteri Nuttall, 1834 Charrán de Forster, Forster's Tern

Género *Thalasseus* (Boie, 1822)

Thalasseus maximus (Boddaert, 1783) Charrán real, Royal Tern

Sinónimo: ***Sterna maxima*** Boddaert, 1783

Subespecie: ***maximus*** (Boddaert, 1783)

T. elegans (Gambel, 1849) Charrán elegante, Elegant Tern

Sinónimo: ***Thalasseus comatus*** (Philippi & Landbeck, 1861)

Subfamilia Rynchopinae

Género *Rynchops* Linnaeus, 1758

Rynchops niger Linnaeus, 1758 Rayador americano, Black Skimmer

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sinónimo: ***Rynchops nigra*** Linnaeus, 1758
Subespecie: ***niger*** Linnaeus, 1758

ORDEN COLUMBIFORMES Latham, 1790
Familia Columbidae Lliger, 1811 . . . . . géneros: **7**, especies: **11**
Género *Columba* Linnaeus, 1758
Columba livia Gmelin, 1789 Paloma doméstica, Rock Pigeon
Género *Patagioenas* Reichenbach, 1852
Patagioenas flavirostris (Wagler, 1831) Paloma morada, Red-billed Pigeon
Sinónimo: **Columba flavirostris** Wagler, 1831
Subespecie: ***flavirostris*** (Wagler, 1831)
P. fasciata (Say, 1822) Paloma encinera, Band-tailed Pigeon
Sinónimo: **Columba fasciata** Say, 1822
Subespecie: ***fasciata*** (Say, 1822)
Género *Streptopelia* (Bonaparte, 1855)
Streptopelia decaocto (Frivaldszky, 1838) Paloma de collar turca, Eurasian Collared Dove
Género *Columbina* Spix, 1825
Columbina inca (Lesson, 1847) Tortolita cola larga, Inca Dove
Sinónimo: ***Scardafella inca*** (Lesson, 1847)
C. passerina (Linnaeus, 1758) Tortolita pico rojo, Common Ground-Dove
Sinónimo: ***Columbigallina passerina*** (Linnaeus, 1758)
Subespecie: ***pallescens*** (Baird, 1860)
C. talpacoti (Temminck, 1810) Tortolita canela, Ruddy Ground-Dove
Sinónimo: ***Columbigallina talpacoti*** (Temminck, 1901)
Subespecie***: eluta*** (Bangs, 1901)
Género *Geotrygon* Gosse, 1847
Geotrygon montana (Vieillot, 1819) Paloma canela, Ruddy Quail-Dove
Sinónimo: ***Oreopeleia montana*** (Linnaeus, 1758)
Subespecie***: montana*** (Linnaeus, 1758)
Género *Leptotila* Swainson, 1837
Leptotila verreauxi Bonaparte, 1855 Paloma arroyera, White-tipped Dove
Subespecie: ***angelica*** Bangs & Penard, 1922
Género *Zenaida* Bonaparte, 1838
Zenaida asiatica (Linnaeus, 1758) Paloma alas blancas, White-winged Dove
Subespecie***: mearnsi*** (Ridgway, 1915)
Z. macroura (Linnaeus, 1758) Huilota común, Mourning Dove
Sinónimo: ***Zenaidura macroura*** (Linnaeus, 1758)
Subespecies: ***carolinensis*** Linnaeus, 1766; ***marginella*** (Woodhouse, 1852)

ORDEN CUCULIFORMES Wagler, 1830
Familia Cuculidae Vigors, 1825. . . . . géneros: **5**, especies: **8**
Subfamilia Cuculinae
Género *Piaya* Lesson, 1830
Piaya cayana (Linnaeus, 1766) Cuclillo canelo, Squirrel Cuckoo
Subespecie: ***mexicana*** (Swainson, 1827)
Subfamilia Coccyzinae
Género *Coccyzus* Vieillot, 1816
Coccyzus americanus (Linnaeus, 1758) Cuclillo pico amarillo, Yellow-billed Cuckoo
C. minor (Gmelin, 1788) Cuclillo manglero, Mangrove Cuckoo
C. erythropthalmus (Wilson, 1811) Cuclillo pico negro, Black-billed Cuckoo
Subfamilia Neomorphinae
Género *Morococcyx* Sclater, 1862
Morococcyx erythropygus (Lesson, 1842) Cuclillo terrestre, Lesser Ground-Cuckoo
Subespecie: ***mexicanus*** Ridgway, 1915
Género *Geococcyx* Wagler, 1831
Geococcyx velox (Wagner, 1836) Correcaminos tropical, Lesser Roadrunner

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subespecie: ***melanchima*** Moore, 1934
G. californianus (Lesson, 1829) Correcaminos norteño, Greater Roadrunner
Subfamilia Crotophaginae
Género *Crotophaga* Linnaeus, 1758
Crotophaga sulcirostris Swainson, 1827 Garrapatero pijuy, Groove-billed Ani

ORDEN STRIGIFORMES Wagler, 1830
Familia Tytonidae Ridgway, 1914 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Tyto* Billberg, 1828
Tyto alba (Scopoli, 1769) Lechuza de campanario, Barn Owl
Subespecie: ***pratincola*** (Bonaparte, 1838)
Familia Strigidae Vigors, 1825. . . . . géneros: **10**, especies: **17**
Género *Psiloscops* (Coues, 1899)
Psiloscops flammeolus (Kaup, 1853) Tecolote ojos oscuros, Flammulated Owl
Sinónimo: ***Otus flammeolus*** (Kaup, 1853)
Género *Megascops* Kaup, 1848
Megascops kennicottii (Elliot, 1867) Tecolote del oeste, Western Screech-Owl
Sinónimo: ***Otus kennicottii*** (Elliot, 1867)
Subespecie: ***suttoni*** Moore, 1944
M. seductus (Moore, 1941) Tecolote del Balsas, Balsas Screech-Owl
Sinónimo: ***Otus seductus*** Moore, 1941
M. trichopsis (Wagler, 1832) Tecolote rítmico, Whiskered Screech-Owl
Sinónimo: ***Otus trichopsis*** (Wagler, 1832)
Subespecie: ***trichopsis*** (Wagler, 1832)
M. guatemalae (Sharpe, 1875) Tecolote sapo, Vermiculated Screech-Owl
Sinónimo: ***Otus guatemalae*** (Sharpe, 1875)
Subespecie***: hastatus*** (Ridgway, 1887)
Género *Bubo* Duméril, 1806
Bubo virginianus (Gmelin, 1788) Búho cornudo, Great Horned Owl
Subespecie: ***pallescens*** Stone, 1897
Género *Glaucidium* Boie, 1826
Glaucidium gnoma Wagler, 1832 Tecolote serrano, Northern Pygmy-Owl
Subespecie: ***gnoma*** Wagler, 1832
G. palmarum Nelson, 1901 Tecolote colimense, Colima Pygmy-Owl
Subespecie: ***palmarum*** Nelson, 1901
G. brasilianum (Gmelin, 1788) Tecolote bajeño, Ferruginous Pygmy-Owl
Subespecies: ***ridgwayi*** Sharpe, 1875; ***cactorum*** van Rossem, 1937
Género *Micrathene* Coues, 1866
Micrathene whitneyi (Cooper, 1861) Tecolote enano, Elf Owl
Subespecie: ***idonea*** (Ridgway, 1914)
Género *Athene* Boie, 1822
Athene cunicularia (Molina, 1782) Tecolote llanero, Burrowing Owl
Sinónimo: ***Speotyto cunicularia*** (Molina, 1782)
Subespecie: ***hypugaea*** (Bonaparte, 1825)
Género *Ciccaba* Wagler, 1832
Ciccaba virgata (Cassin, 1849) Búho café, Mottled Owl
Sinónimo: ***Strix virgata*** Cassin, 1849
Subespecie: ***squamulata*** (Bonaparte, 1850)
Género *Strix* Linnaeus, 1758
Strix occidentalis (Xántus de Vesey, 1860) Búho moteado, Spotted Owl
Subespecie: ***lucida*** (Nelson, 1903)
S. varia Barton, 1769 Búho barrado, Barred Owl
Subespecie: ***sartori*** (Ridgway, 1874)
Género *Asio* Brisson, 1760
Asio otus (Linnaeus, 1758) Búho cara canela, Long-eared Owl

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subespecie: ***tuftsi*** Godfrey, 1948
A. flammeus Pontoppidan, 1763 Búho sabanero, Short-eared Owl
Subespecie: ***flammeus*** Pontoppidan, 1763
Género *Aegolius* Kaup, 1829
Aegolius acadicus (Gmelin, 1788) Tecolote oyamelero norteño, Northern Saw-whet Owl
Subespecie: ***acadicus*** (Gmelin, 1788)

ORDEN CAPRIMULGIFORMES Ridgway, 1881
Familia Caprimulgidae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **4**, especies: **6**
Subfamilia Chordeilinae
Género *Chordeiles* Swainson, 1832
Chordeiles acutipennis (Hermann, 1783) Chotacabras menor, Lesser Nighthawk
Subespecie: ***litoralis*** Brodkorb, 1940
C. minor (Forster, 1771) Chotacabras zumbón, Common Nighthawk
Subespecies: ***henryi*** Cassin, 1855
Subfamilia Caprimulginae
Género *Nyctidromus* Gould, 1838
Nyctidromus albicollis (Gmelin, 1789) Chotacabras pauraque, Common Pauraque
Subespecie: ***yucatanensis*** Nelson, 1901
Género *Nyctiphrynus* Bonaparte, 1857
Nyctiphrynus mcleodii (Brewster, 1888) Tapacaminos prío, Eared Poorwill
Sinónimo: ***Otophanes mcleodii*** Brewster, 1888
Subespecie: ***rayi*** Miller, 1948
Género *Antrostomus* Bonaparte, 1838
Antrostomus ridgwayi (Nelson, 1897) Tapacaminos tucuchillo, Buff-collared Nightjar
Sinónimo: ***Caprimulgus ridgwayi*** (Nelson, 1897)
Subespecie: ***ridgwayi*** (Nelson, 1897)
A. arizonae (Wilson, 1813) Tapacaminos cuerporruín mexicano, Mexican Whip-poor-will
Sinónimo: ***Caprimulgus vociferus*** Wilson, 1812
Subespecie: ***arizonae*** (Wilson, 1813)
Familia Nyctibiidae Bonaparte, 1853 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Nyctibius* Vieillot, 1816
Nyctibius jamaicensis (Gmelin, 1789) Pájaro estaca norteño, Northern Potoo
Subespecie: ***lambi*** Davis, 1959

ORDEN APODIFORMES Peters, 1940
Familia Apodidae Hartert, 1897 . . . . . géneros: **5**, especies: **9**
Subfamilia Cypseloidinae
Género *Cypseloides* Streubel, 1848
Cypseloides niger (Gmelin, 1789) Vencejo negro, Black Swift
Subespecie: ***costaricensis*** Ridgway, 1910
C. storeri Navarro *et al.*, 1992 Vencejo cara blanca, White-fronted Swift
Género *Streptoprocne* Oberholser, 1906
Streptoprocne rutila (Vieillot, 1817) Vencejo cuello castaño, Chestnut-collared Swift
Sinónimo: ***Chaetura rutila*** (Vieillot, 1817)
Subespecie: ***griseifrons*** (Nelson, 1900)
S. zonaris (Shaw, 1796) Vencejo collar blanco, White-collared Swift
Subespecie: ***mexicana*** Ridgway, 1910
S. semicollaris (Saussure, 1859) Vencejo nuca blanca, White-naped Swift
Subfamilia Chaeturinae
Género *Chaetura* Stephens, 1826
Chaetura pelagica Linnaeus, 1758 Vencejo de chimenea, Chimney Swift (HIPOTÉTICA)
C. vauxi (Townsend, 1839) Vencejo de Vaux, Vaux's Swift
Subespecie: ***vauxi*** (Townsend, 1839)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subfamilia Apodinae

Género *Aeronautes* Hartert, 1892

Aeronautes saxatalis (Woodhouse, 1853) Vencejo pecho blanco, White-throated Swift

Subespecie: ***saxatalis*** (Woodhouse, 1853)

Género *Panyptila* Canabis, 1847

Panyptila sanctihieronymi Salvin, 1863 Vencejo tijereta mayor, Great Swallow-tailed Swift

Familia Trochilidae Vigors, 1825. . . . . géneros: **14**, especies: **22**

Subfamilia Phaethornithinae

Género *Phaethornis* Swainson, 1827

Phaethornis mexicanus Hartert, 1897 Colibrí ermitaño mexicano, Mexican Hermit

Sinónimo: ***Phaethornis superciliosus*** (Linnaeus, 1766)

Subespecie: ***griseoventer*** Phillips, 1962

Subfamilia Trochilinae

Género *Colibri* Spix, 1824

Colibri thalassinus (Swainson, 1827) Colibrí orejas violetas, Green Violetear

Subespecie: ***thalassinus*** (Swainson, 1827)

Género *Eugenes* Gould, 1856

Eugenes fulgens (Swainson, 1827) Colibrí magnífico, Magnificent Hummingbird

Subespecie: ***fulgens*** (Swainson, 1827)

Género *Heliomaster* Bonaparte, 1850

Heliomaster constantii (DeLattre, 1843) Colibrí picudo occidental, Plain-capped Starthroat

Subespecie: ***leocadiae*** (Bourcier & Mulsant, 1852)

Género *Lampornis* Swainson, 1827

Lampornis amethystinus Swainson, 1827 Colibrí garganta amatista, Amethyst-throated Hummingbird

Subespecies: ***amethystinus*** Swainson, 1827; ***margaritae*** (Salvin & Godman, 1889)

L. clemenciae (Lesson, 1829) Colibrí garganta azul, Blue-throated Hummingbird

Género *Tilmatura* Reichenbach, 1855

Tilmatura dupontii (Lesson, 1832) Colibrí cola pinta, Sparkling-tailed Hummingbird

Género *Calothorax* Gray, 1840

Calothorax lucifer (Swainson, 1827) Colibrí lucifer, Lucifer Hummingbird

Género *Archilochus* Reichenbach, 1854

Archilochus colubris (Linnaeus, 1758) Colibrí garganta rubí, Ruby-throated Hummingbird

A. alexandri (Bourcier & Mulsant, 1846) Colibrí barba negra, Black-chinned Hummingbird

Género *Atthis* Reichenbach, 1854

Atthis heloisa (DeLattre & Lesson, 1839) Zumbador mexicano, Bumblebee Hummingbird

Subespecie: ***margarethae*** Moore, 1937

Género *Selasphorus* Swainson, 1832

Selasphorus platycercus (Swainson, 1827) Zumbador cola ancha, Broad-tailed Hummingbird

S. rufus (Gmelin, 1788) Zumbador canelo, Rufous Hummingbird

S. sasin (Lesson, 1829) Zumbador de Allen, Allen's Hummingbird

Subespecie: ***sasin*** Lesson, 1829

S. calliope (Gould, 1847) Zumbador garganta rayada, Calliope Hummingbird

Sinónimo: ***Stellula calliope*** (Gould, 1847)

Género *Chlorostilbon* Gould, 1853

Chlorostilbon auriceps (Gould, 1852) Esmeralda occidental, Golden-crowned Emerald

Género *Cynanthus* Swainson, 1827

Cynanthus sordidus (Gould, 1859) Colibrí opaco, Dusky Hummingbird

C. latirostris Swainson, 1827 Colibrí pico ancho, Broad-billed Hummingbird

Subespecies: ***doubledayi*** (Bourcier, 1847); ***propinquus*** Moore, 1939

Género *Amazilia* Lesson, 1843

Amazilia beryllina (Deppe, 1830) Colibrí berilo, Berylline Hummingbird

Subespecie: ***viola*** (Miller, 1905)

A. rutila (DeLattre, 1843) Colibrí canelo, Cinnamon Hummingbird

Subespecie: ***rutila*** (DeLattre, 1843)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

A. violiceps (Gould, 1859) Colibrí corona violeta, Violet-crowned Hummingbird
Subespecie: ***ellioti*** (Berlepsch, 1888)
Género *Hylocharis* Boie, 1831
Hylocharis leucotis (Vieillot, 1818) Zafiro orejas blancas, White-eared Hummingbird
Subespecie: ***leucotis*** (Vieillot, 1818)

ORDEN TROGONIFORMES Lesson, 1828
Familia Trogonidae Lesson, 1828 . . . . . géneros: **2**, especies: **4**
Subfamilia Trogoninae
Género *Trogon* Brisson, 1760
Trogon citreolus Gould, 1835 Coa citrina, Citreoline Trogon
Subespecie: ***citreolus*** Gould, 1835
T. elegans Gould, 1834 Coa elegante, Elegant Trogon
Subespecie: ***ambiguus*** Gould, 1835
T. mexicanus Swainson, 1827 Coa mexicana, Mountain Trogon
Género *Euptilotis* Gould, 1858
Subespecie: ***mexicanus*** Swainson, 1827
Euptilotis neoxenus (Gould, 1838) Quetzal orejón, Eared Quetzal

ORDEN CORACIIFORMES Forbes, 1884
Superfamilia Todoidea
Familia Momotidae Gray, 1840. . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Momotus* Brisson, 1760
Momotus mexicanus Swainson, 1827 Momoto corona canela, Russet-crowned Motmot
Subespecies: ***mexicanus*** Swainson, 1827; ***saturatus*** Nelson, 1987
Suborden Alcedines
Superfamilia Alcedinoidea
Familia Alcedinidae Rafinesque, 1815. . . . . géneros: **2**, especies: **4**
Subfamilia Cerylinae
Género *Megaceryle* Kaup, 1848
Megaceryle torquata (Linnaeus, 1766) Martín pescador de collar Ringed Kingfisher
Sinónimo: ***Ceryle torquata*** (Linnaeus, 1766)
Subespecie: ***torquata*** (Linnaeus, 1766)
M. alcyon (Linnaeus, 1758) Martín pescador norteño, Belted Kingfisher
Sinónimo: ***Ceryle alcyon*** (Linnaeus, 1758)
Género *Chloroceryle* Kaup, 1848
Chloroceryle amazona (Latham, 1790) Martín pescador amazónico, Amazon Kingfisher
C. americana (Gmelin, 1788) Martín pescador verde, Green Kingfisher
Subespecie: ***septentrionalis*** (Sharpe, 1892)

ORDEN PICIFORMES Meyer & Wolf, 1810
Suborden Pici
Familia Ramphastidae Vigors, 1825 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Subfamilia Rhamphastinae
Género *Aulacorhynchus* Gould, 1835
Aulacorhynchus prasinus (Gould, 1834) Tucancillo verde, Emerald Toucanet
Subespecie: ***wagleri*** (Sturm, 1841)
Familia Picidae Vigors, 1825 géneros: **6**, especies: **16**
Subfamilia Picinae
Género *Melanerpes* Swainson, 1832
Melanerpes formicivorus (Swainson, 1827) Carpintero bellotero, Acorn Woodpecker
Subespecie: ***formicivorus*** (Swainson, 1827)
M. chrysogenys (Vigors, 1839) Carpintero enmascarado, Golden-cheeked Woodpecker
Sinónimo: ***Centurus chrysogenys*** (Vigors, 1839)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subespecies: ***chrysogenys*** (Vigors, 1839); ***flavinuchus*** (Ridgway, 1911)

M. uropygialis (Baird, 1854) Carpintero del desierto, Gila Woodpecker

Sinónimo: ***Centurus uropygialis*** Baird, 1854

Subespecies: ***uropygialis*** Baird, 1854

M. aurifrons (Wagler, 1829) Carpintero cheje, Golden-fronted Woodpecker

Sinónimo: ***Centurus aurifrons*** (Wagler, 1829)

Subespecies: ***aurifrons*** (Wagler, 1829)

Género *Sphyrapicus* Baird, 1858

Sphyrapicus thyroideus (Cassin, 1852) Carpintero elegante, Williamson's Sapsucker

Subespecie: ***nataliae*** (Malherbe, 1854)

S. varius (Linnaeus, 1766) Carpintero moteado, Yellow-bellied Sapsucker

Subespecie: ***nuchalis*** Baird, 1858

Género *Picoides* Lacépède, 1799

Picoides scalaris (Wagler, 1829) Carpintero mexicano, Ladder-backed Woodpecker

Sinónimo: ***Dendrocopos scalaris*** (Wagler, 1829)

Subespecies: ***sinaloensis*** (Ridgway, 1887); ***cactophilus*** (Oberholser, 1911)

P. fumigatus (d'Orbigny, 1840) Carpintero café, Smoky-brown Woodpecker

Sinónimo: ***Veniliornis fumigatus*** (d' Orbigny, 1840)

Subespecie: ***sanguinolentus*** (Sclater, 1859)

P. villosus (Linnaeus, 1766) Carpintero albinegro mayor, Hairy Woodpecker

Sinónimo: ***Dendrocopos villosus*** (Linnaeus, 1766)

Subespecie: ***jardinii*** (Malherbe, 1845)

P. arizonae (Hargitt, 1886) Carpintero de Arizona, Arizona Woodpecker

Subespecie: ***arizonae*** (Hargitt, 1886)

P. stricklandi (Malherbe, 1845) Carpintero transvolcánico, Strickland's Woodpecker

Sinónimo: ***Dendrocopos stricklandi*** (Malherbe, 1845)

Subespecies: ***fraterculus*** (Ridgway, 1887); ***stricklandi*** (Malherbe, 1845)

Género *Colaptes* Vigors, 1825

Colaptes auricularis (Salvin & Godman, 1889) Carpintero corona gris, Gray-crowned Woodpecker

Sinónimo: ***Piculus auricularis*** (Salvin & Godman, 1889)

C. auratus (Linnaeus, 1758) Carpintero de pechera común, Northern Flicker

Sinónimo: ***Colaptes cafer*** (Gmelin, 1788)

Subespecie: ***mexicanus*** Swainson, 1827

Género *Dryocopus* Boie, 1826

Dryocopus lineatus (Linnaeus, 1766) Carpintero lineado, Lineated Woodpecker

Subespecie: ***scapularis*** (Vigors, 1829)

Género *Campephilus* Gray, 1840

Campephilus guatemalensis (Hartlaub, 1844) Carpintero pico plateado, Pale-billed Woodpecker

Sinónimo: ***Phloeoceastes guatemalensis*** (Hartlaub, 1844)

Subespecie: ***nelsoni*** (Ridgway, 1911)

C. imperialis Gould, 1832 Carpintero imperial, Imperial Woodpecker

ORDEN FALCONIFORMES Sharpe, 1874

Familia Falconidae Vigors, 1824 . . . . . géneros: **4**, especies: **9**

Subfamilia Herpetotherinae

Género *Herpetotheres* Vieillot, 1817

Herpetotheres cachinnans (Linnaeus, 1758) Halcón guaco, Laughing Falcon

Subespecie: ***chapmani*** Bangs & Penard, 1918

Género *Micrastur* Gray, 1841

Micrastur ruficollis (Vieillot, 1817) Halcón selvático barrado, Barred Forest-Falcon

Subespecie: ***guerilla*** Cassin, 1848

M. semitorquatus (Vieillot, 1817) Halcón selvático de collar, Collared Forest-Falcon

Subespecie: ***naso*** (Lesson, 1842)

Subfamilia Falconinae

Género *Caracara* Merrem, 1826

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Caracara cheriway (Jacquin, 1784) Caracara quebrantahuesos, Crested Caracara
Sinónimos: ***Polyborus cheriway*** (Jacquin, 1784)
Subespecie: ***audubonii*** Cassin, 1865
Subfamilia Falconinae
Género *Falco* Linnaeus, 1758
Falco sparverius Linnaeus, 1758 Cernícalo Americano, American Kestrel
Subespecie: ***sparverius*** Linnaeus, 1758
F. columbarius Linnaeus, 1758 Halcón esmerejón, Merlin
Subespecies: ***suckleyi*** Ridgway, 1873; ***richardsoni*** Ridgway, 1871
F. rufigularis Daudin, 1800 Halcón murcielaguero, Bat Falcon
Sinónimo: ***Falco albigularis*** Daudin, 1800
Subespecie: ***petoensis*** Chubb, 1918
F. peregrinus Tunstall, 1771 Halcón peregrino, Peregrine Falcon
Subespecie: ***anatum*** Bonaparte, 1838
F. mexicanus Schlegel, 1850 Halcón mexicano, Prairie Falcon

ORDEN PSITTACIFORMES Wagler, 1830
Familia Psittacidae Illiger, 1811 . . . . . géneros: **5**, especies: **7**
Subfamilia Arinae
Género *Myiopsitta* Bonaparte, 1854
Myiopsitta monachus Boddaert, 1783 Perico monje argentino, Monk Parakeet
Sinónimo: ***Psittacus monachus*** Boddaert, 1783
Género *Eupsittula* Bonaparte, 1853
Eupsittula canicularis (Linnaeus, 1758) Perico frente naranja, Orange-fronted Parakeet
Sinónimo: ***Aratinga canicularis*** (Linnaeus, 1758)
Subespecies: ***eburnirostrum*** (Lesson, 1842); ***clarae*** Moore, 1937
Género *Ara* Lacépède, 1799
Ara militaris (Linnaeus, 1766) Guacamaya verde, Military Macaw
Subespecie: ***mexicana*** Ridgway, 1915
Género *Rhynchopsitta* Bonaparte, 1854
Rhynchopsitta pachyrhyncha (Swainson, 1827) Cotorra serrana occidental, Thick-billed Parrot
Género *Amazona* Lesson, 1830
Amazona albifrons (Sparmann, 1788) Loro frente blanca, White-fronted Parrot
Subespecie: ***albifrons*** (Sparmann, 1788)
A. finschi (Sclater, 1864) Loro corona lila, Lilac-crowned Parrot
A. oratrix Ridgway, 1887 Loro cabeza amarilla, Yellow-headed Parrot
Familia Psittaculidae Joseph *et al.*, 2012 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Subfamilia Loriiinae
Género *Melopsittacus* Gould, 1840
Melopsittacus undulatus Shaw, 1805 Periquito australiano, Budgerigar

ORDEN PASSERIFORMES Linnaeus, 1758
Familia Grallaridae Sclater & Salvin, 1873 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Grallaria* Vieillot, 1816
Grallaria guatimalensis Prévost & Des Murs, 1846 Hormiguero cholino escamoso, Scaled Antpitta
Subespecie: ***ochraceiventris*** Nelson, 1898
Familia Furnariidae Gray, 1840. . . . . géneros: **3**, especies: **3**
Subfamilia Dendrocolaptinae
Género *Sittasomus* Swainson, 1827
Sittasomus griseicapillus (Vieillot, 1818) Trepatroncos cabeza gris, Olivaceous Woodcreeper
Subespecie: ***jaliscensis*** Nelson, 1900
Género *Xiphorhynchus* Swainson, 1827
Xiphorhynchus flavigaster Swainson, 1827 Trepatroncos bigotudo, Ivory-billed Woodcreeper
Sinónimo: ***Xiphorhynchus striatigularis*** (Richmond, 1900)
Subespecie: ***mentalis*** (Lawrence, 1867)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Lepidocolaptes* Reichenbach, 1853

Lepidocolaptes leucogaster (Swainson, 1827) Trepatroncos mexicano, White-striped Woodcreeper

Subespecie: ***leucogaster*** (Swainson, 1827)

Familia Tyrannidae Hellmayr, 1927 . . . . . géneros: **16**, especies: **38**

Subfamilia Elaeniinae Smith, 1971

Género *Camptostoma* Sclater, 1857

Camptostoma imberbe Sclater, 1857 Mosquerito chillón, Northern Beardless-Tyrannulet

Subespecie: ***ridgwayi*** Brewster, 1882

Género *Myiopagis* Salvin & Godman, 1888

Myiopagis viridicata (Vieillot, 1817) Mosquerito verdoso, Greenish Elaenia

Subespecies: ***jaliscensis*** Nelson, 1900; ***placens*** Bangs, 1902

Subfamilia Fluvicolinae

Género *Xenotriccus* Dwight & Griscom, 1927

Xenotriccus mexicanus (Zimmer, 1938) Mosquero del Balsas, Pileated Flycatcher

Sinónimo: *Aechmolophus mexicanus* Zimmer, 1938

Género *Mitrephanes* Coues, 1882

Mitrephanes phaeocercus (Sclater, 1859) Papamoscas copetón, Tufted Flycatcher

Subespecies: ***phaeocercus*** (Sclater, 1859); ***tenuirostris*** Brewster, 1888

Género *Contopus* Cabanis, 1855

Contopus cooperi (Nuttall, 1831) Papamoscas boreal, Olive-sided Flycatcher

C. pertinax Cabanis & Heine, 1859 Papamoscas José María, Greater Pewee

Subespecies: ***pertinax*** Cabanis & Heine, 1859; ***pallidiventris*** (Chapman, 1897)

C. sordidulus Sclater, 1859 Papamoscas del oeste, Western Wood-Pewee

Sinónimo: *Contopus richardsonii* (Swainson, 1832)

Subespecie: ***sordidulus*** Sclater, 1859

C. virens (Linnaeus, 1766) Papamoscas del este, Eastern Wood-Pewee

Género *Empidonax* Cabanis, 1855

Empidonax flaviventris (Baird & Baird, 1843) Papamoscas vientre amarillo, Yellow-bellied Flycatcher

E. traillii Audubon, 1828 Papamoscas saucero, Willow Flycatcher

Subespecies: ***traillii*** Audubon, 1828; ***adastus*** Oberholser, 1932; ***brewsteri*** Oberholser, 1918; ***extimus*** Phillips, 1948

E. albigularis Sclater & Salvini, 1859 Papamoscas garganta blanca, White-throated Flycatcher

Subespecie: ***timidus*** Nelson, 1900

E. minimus (Baird & Baird, 1843) Papamoscas chico, Least Flycatcher

E. hammondii (Xántus de Vesey, 1858) Papamoscas de Hammond, Hammond's Flycatcher

E. wrightii Baird, 1858 Papamoscas bajacolita, Gray Flycatcher

E. oberholseri Phillips, 1939 Papamoscas matorralero, Dusky Flycatcher

E. affinis (Swainson, 1827) Papamoscas pinero, Pine Flycatcher

Subespecie: ***affinis*** (Swainson, 1827)

E. difficilis Baird, 1858 Papamoscas amarillo del Pacífico, Pacific-slope Flycatcher

Subespecie: ***difficilis*** Baird, 1858; ***infelix*** Phillips, 1966

E. occidentalis Nelson, 1897 Papamoscas amarillo barranqueño, Cordilleran Flycatcher

Subespecies: ***hellmayri*** Brodkorb, 1935; ***occidentalis*** Nelson, 1897

E. fulvifrons (Giraud, 1841) Papamoscas pecho canela, Buff-breasted Flycatcher

Subespecies: ***fulvifrons*** (Giraud, 1841); ***pygmaeus*** Coues, 1865

Género *Sayornis* Bonaparte, 1854

Sayornis nigricans (Swainson, 1827) Papamoscas negro, Black Phoebe

Subespecies: ***nigricans*** (Swainson, 1827); ***semiatra*** (Vigors, 1839)

S. phoebe (Latham, 1790) Papamoscas fibí, Eastern Phoebe

S. saya (Bonaparte, 1827) Papamoscas llanero, Say's Phoebe

Subespecie: ***saya*** (Bonaparte, 1827)

Género *Pyrocephalus* Gould, 1839

Pyrocephalus rubinus (Boddaert, 1783) Papamoscas cardenalito, Vermilion Flycatcher

Subespecies: ***mexicanus*** Sclater, 1859; ***flammeus*** van Rossem, 1934

Subfamilia Tyranninae Meise, 1949

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Attila* Lesson, 1831

Attila spadiceus (Gmelin, 1789) Mosquero atila, Bright-rumped Attila

Subespecie: ***pacificus*** Hellmayr, 1929

Género *Myiarchus* Cabanis, 1844

Myiarchus tuberculifer (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837) Papamoscas triste, Dusky-capped Flycatcher

Subespecies: ***olivascens*** Ridgway, 1884; ***querulus*** Nelson, 1904

M. cinerascens (Lawrence, 1851) Papamoscas cenizo, Ash-throated Flycatcher

Subespecie: ***cinerascens*** (Lawrence, 1851)

M. nuttingi Ridgway, 1883 Papamoscas huí, Nutting's Flycatcher

Subespecie: ***inquietus*** Salvin & Godman, 1889

M. tyrannulus (Müller, 1776) Papamoscas gritón, Brown-crested Flycatcher

Subespecie: ***magister*** Ridgway, 1884

Género *Deltarhynchus* Ridgway, 1893

Deltarhynchus flammulatus (Lawrence, 1875) Papamoscas mexicano, Flammulated Flycatcher

Género *Pitangus* Swainson, 1827

Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766) Luis bienteveo, Great Kiskadee

Subespecie: ***derbianus*** (Kaup, 1852)

Género *Megarynchus* Thunberg, 1824

Megarynchus pitangua (Linnaeus, 1766) Luis pico grueso, Boat-billed Flycatcher

Subespecie: ***caniceps*** Ridgway, 1906

Género *Myiozetetes* Sclater, 1859

Myiozetetes similis (Spix, 1825) Luisito común, Social Flycatcher

Subespecie: ***hesperis*** Phillips, 1966

Género *Myiodynastes* Bonaparte, 1857

Myiodynastes luteiventris Sclater, 1859 Papamoscas rayado común, Sulphur-bellied Flycatcher

Género *Tyrannus* Lacépède, 1799

Tyrannus melancholicus Vieillot, 1819 Tirano pirirí, Tropical Kingbird

Subespecies: ***satrapa*** (Cabanis & Heine, 1859); ***occidentalis*** Hartert & Goodson, 1917

T. vociferans Swainson, 1829 Tirano chibiú, Cassin's Kingbird

Subespecies: ***xenopterus*** Griscom, 1934; ***vociferans*** Swainson, 1829

T. crassirostris Swainson, 1826 Tirano pico grueso, Thick-billed Kingbird

Subespecies: ***crassirostris*** Swainson, 1826; ***pompalis*** Bangs & Peters, 1928

T. verticalis (Say, 1822) Tirano pálido, Western Kingbird

T. forficatus Gmelin, 1789 Tirano tijereta rosado, Scissor-tailed Flycatcher

Sinónimo: ***Muscivora forficata*** (Gmelin, 1789)

Familia Tityridae (Vieillot, 1816) . . . . . géneros: **2**, especies: **3**

Género *Tityra* Vieillot, 1816

Tityra semifasciata (Spix, 1825) Titira puerquito, Masked Tityra

Subespecies: ***griseiceps*** Ridgway, 1888; ***personata*** Jardine & Selby, 1827

Género *Pachyramphus* Gray, 1840

Pachyramphus major (Cabanis, 1847) Cabezón mexicano, Gray-collared Becard

Subespecie: ***uropygialis*** Nelson, 1899

P. aglaiae (Lafresnaye, 1839) Cabezón degollado, Rose-throated Becard

Sinónimo: ***Platypsaris aglaiae*** (Lafresnaye, 1839)

Subespecie: ***albiventris*** (Lawrence, 1867)

Familia Laniidae Swainson, 1824 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Lanius* Linnaeus, 1758

Lanius ludovicianus Linnaeus, 1766 Verdugo americano, Loggerhead Shrike

Subespecies: ***mexicanus*** Brehm, 1854; ***excubitorides*** Swainson, 1832

Familia Vireonidae Ridgway, 1904 . . . . . géneros: **2**, especies: **12**

Género *Vireo* Vieillot, 1808

Vireo brevipennis (Sclater, 1858) Vireo pizarra, Slaty Vireo

Sinónimo: ***Neochloe brevipennis*** Sclater, 1858

Subespecie: ***browni*** (Miller & Ray, 1944)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

V. bellii Audubon, 1844 Vireo de Bell, Bell's Vireo
Subespecies: ***bellii*** Audubon, 1844; ***medius*** Oberholser, 1903; ***arizonae*** Ridgway, 1903
V. atricapilla Woodhouse, 1852 Vireo gorra negra, Black-capped Vireo
Sinónimo: ***Vireo atricapillus*** Woodhouse, 1852
Subespecie: ***atricapilla*** Woodhouse, 1852
V. nelsoni Bond, 1936 Vireo enano, Dwarf Vireo
V. plumbeus Coues, 1866 Vireo plomizo, Plumbeous Vireo
Subespecie: ***plumbeus*** Coues, 1866
V. cassinii (Xántus de Vesey, 1858) Vireo de Cassin, Cassin's Vireo
Subespecie: ***cassinii*** (Xántus de Vesey, 1858)
V. solitarius (Wilson, 1810) Vireo anteojillo, Blue-headed Vireo
Subespecies: ***solitarius*** (Wilson, 1810); ***gravis*** Phillips, 1991
V. huttoni Cassin, 1851 Vireo reyezuelo, Golden Vireo
Subespecies: ***pacificus*** Phillips, 1996; ***mexicanus*** Phillips, 1966
V. hypochryseus Sclater, 1863 Vireo amarillo, Golden Vireo
Subespecie: ***hypochryseus*** Sclater, 1863
V. gilvus (Vieillot, 1808) Vireo gorjeador, Warbling Vireo
Subespecies: ***swainsoni*** Baird, 1858; ***brewsteri*** (Ridgway, 1903); ***connectens*** van Rossem, 1940
V. flavoviridis (Cassin, 1851) Vireo verdeamarillo, Yellow-green Vireo
Subespecie: ***forreri*** (Madarász, 1855)
Género *Vireolanius* Bonaparte, 1850
Vireolanius melitophrys Bonaparte, 1850 Vireón arlequín, Chestnut-sided Shrike-Vireo
Subespecies: ***melitophrys*** Bonaparte, 1850; ***crossini*** Phillips, 1991
Familia Corvidae Hartert, 1903 . . . . . géneros: **5**, especies: **8**
Género *Calocitta* Gray, 1841
Calocitta colliei (Vigors, 1829) Urraca cara negra, Black-throated Magpie-Jay
C. formosa (Swainson, 1827) Urraca cara blanca, White-throated Magpie-Jay
Subespecie: ***formosa*** (Swainson, 1827)
Género *Cyanocorax* Boie, 1826
Cyanocorax yncas (Boddaert, 1783) Chara verde, Green Jay
Subespecie: ***vividus*** (Ridgway, 1900)
C. sanblasianus (Lafresnaye, 1842) Chara de San Blas, San Blas Jay
Sinónimo: **Cissilopha sanblasiana** (Lafresnaye, 1842)
Subespecie: ***nelsoni*** (Bangs & Penard, 1919)
Género *Cyanocitta* Strickland, 1845
Cyanocitta stelleri (Gmelin, 1788) Chara copetona, Steller's Jay
Subespecies: ***azteca*** Ridgway, 1899; ***purpurea*** Aldrich, 1944; ***coronata*** (Swainson, 1827)
Género *Aphelocoma* Cabanis, 1851
Aphelocoma ultramarina (Bonaparte, 1825) Chara transvolcánica, Mexican Jay
Sinónimo: ***Corvus ultramarinus*** Bonaparte, 1825
Subespecie: ***ultramarina*** (Bonaparte, 1825)
Género *Corvus* Linnaeus, 1758
Corvus cryptoleucus Couch, 1854 Cuervo llanero, Chihuahuan Raven
Subespecie: ***reai*** Phillips, 1986
C. corax Linnaeus, 1758 Cuervo común, Common Raven
Subespecie: ***sinuatus*** Wagler, 1829
Familia Alaudidae Hartert, 1904 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Eremophila* Boie, 1828
Eremophila alpestris (Linnaeus, 1758) Alondra cornuda, Horned Lark
Subespecie: ***chrysolaema*** (Wagler, 1831)
Familia Hirundinidae Ridgway, 1904 . . . . . géneros: **6**, especies: **10**
Subfamilia Hirundininae
Género *Progne* Boie, 1826

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Progne subis (Linnaeus, 1758) Golondrina azulnegra, Purple Martin
Subespecie: ***subis*** (Linnaeus, 1758)
P. sinaloae Nelson, 1898 Golondrina sinaloense, Sinaloa Martin
P. chalybea (Gmelin, 1789) Golondrina pecho gris, Gray-breasted Martin
Subespecie: ***warneri*** Phillips, 1986
Género *Tachycineta* Cabanis, 1850
Tachycineta bicolor (Vieillot, 1808) Golondrina bicolor, Tree Swallow
Sinónimo***: Iridoprocne bicolor*** (Vieillot, 1807)
T. albilinea (Lawrence, 1863) Golondrina manglera, Mangrove Swallow
Sinónimo: ***Iridoprocne albilinea*** (Lawrence, 1863)
T. thalassina (Swainson, 1827) Golondrina verdemar, Violet-green Swallow
Subespecies: ***thalassina*** (Swainson 1827); ***lepida*** Mearns, 1902; ***brachyptera*** Brewster, 1902
Género *Stelgidopteryx* Baird, 1858
Stelgidopteryx serripennis (Audubon, 1838) Golondrina alas aserradas, Northern Rough-winged Swallow
Subespecies: ***psammochrous*** Griscom, 1929; ***serripennis*** (Audubon, 1838)
Género *Riparia* Forster, 1817
Riparia riparia (Linnaeus, 1758) Golondrina ribereña, Bank Swallow
Subespecie: ***riparia*** (Linnaeus, 1758)
Género *Petrochelidon* Cabanis, 1850
Petrochelidon pyrrhonota (Vieillot, 1817) Golondrina risquera, Cliff Swallow
Subespecie: ***melanogaster*** (Swainson, 1827)
Género *Hirundo* Linnaeus, 1758
Hirundo rustica Linnaeus, 1758 Golondrina tijereta, Barn Swallow
Subespecie: ***erythrogaster*** Boddaert, 1783
Familia Paridae Ridgway, 1904 . . . . . géneros: **2**, especies: **2**
Género *Poecile* Kaup, 1829
Poecile sclateri (Kleinschmidt, 1897) Carbonero mexicano, Mexican Chickadee
Sinónimo***: Parus sclateri*** Kleinschmidt, 1897
Subespecies: ***sclateri*** (Kleinschmidt, 1897); ***rayi*** Miller & Storer, 1950
Género *Baeolophus* Cabanis, 1850
Baeolophus wollweberi (Bonaparte, 1850) Carbonero embridado, Bridled Titmouse
Sinónimo: ***Parus wollweberi*** (Bonaparte, 1850)
Subespecie: ***wollweberi*** (Bonaparte, 1850)
Familia Aegithalidae Hartert, 1907 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Psaltriparus* Bonaparte, 1850
Psaltriparus minimus (Townsend, 1837) Sastrecillo, Bushtit
Subespecies: ***melanotis*** (Hartlaub, 1844); ***personatus*** Bonaparte, 1850
Familia Sittidae Lesson, 1828 . . . . . género: **1**, especies: **2**
Subfamilia Sittinae
Género *Sitta* Linnaeus, 1758
Sitta carolinensis Latham, 1790 Bajapalos pecho blanco, White-breasted Nuthatch
Subespecie: ***mexicana*** Nelson & Palmer, 1894
S. pygmaea Vigors, 1839 Bajapalos enano, Pygmy Nuthatch
Subespecies: ***brunnescens*** Norris, 1958; ***chihuahuae*** van Rossem, 1929
Familia Certhiidae Leach, 1820 . . . . . género: **1**, especie: **1**
Subfamilia Certhiinae
Género *Certhia* Linnaeus, 1758
Certhia americana Bonaparte, 1838 Trepadorcito americano, Brown Creeper
Sinónimo: ***Certhia familiaris*** Linnaeus, 1758
Subespecie: ***alticola*** (Miller, 1895)
Familia Troglodytidae Ridgway, 1904 . . . . . géneros: **11**, especies: **15**
Género *Salpinctes* Cabanis, 1847
Salpinctes obsoletus (Say, 1822) Saltapared de rocas, Rock Wren
Subespecie: ***obsoletus*** (Say, 1822)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Catherpes* Baird, 1858

Catherpes mexicanus (Swainson, 1829) Saltapared barranqueño, Canyon Wren

Subespecies: ***mexicanus*** (Swainson, 1829); ***cantator*** Phillips,1966

Género *Troglodytes* Vieillot, 1809

Troglodytes aedon Vieillot, 1807 Saltapared común, House Wren

Sinónimos: ***Troglodytes beani*** Ridgway, 1885; ***Troglodytes brunneicollis*** Sclater, 1858; ***Troglodytes musculus*** Naumann, 1823

Subespecies: ***aedon*** Vieillot, 1807; ***brunneicollis*** Sclater, 1858; ***parkmani*** Audubon, 1839

Género *Cistothorus* Cabanis, 1850

Cistothorus platensis (Latham, 1790) Saltapared sabanero, Sedge Wren

Subespecies: ***stellaris*** (Naumann, 1823); ***tinnulus*** Moore, 1941

C. palustris (Wilson, 1810) Saltapared pantanero, Marsh Wren

Sinónimo: ***Telmatodytes palustris*** (Wilson, 1807)

Subespecies: ***laingi*** (Harper, 1926); ***plesius*** Oberholser, 1857; ***iliacus*** (Ridgway, 1903)

Género *Thryomanes* Sclater, 1862

Thryomanes bewickii (Audubon, 1827) Saltapared cola larga, Bewick's Wren

Subespecie: ***murinus*** (Hartlaub, 1852)

Género *Campylorhynchus* Spix, 1824

Campylorhynchus megalopterus Lafresnaye, 1845 Matraca barrada, Gray-barred Wren

Subespecie: ***megalopterus*** Lafresnaye, 1845

C. rufinucha (Lesson, 1838) Matraca nuca canela, Rufous-naped Wren

Subespecie***: rufum*** (Nelson, 1897)

C. gularis Sclater, 1860 Matraca serrana, Spotted Wren

Subespecie: ***occidentale*** (Nelson, 1897)

C. brunneicapillus (Lafresnaye, 1835) Matraca del desierto, Cactus Wren

Subespecie: ***guttatum*** (Gould, 1837)

Género *Pheugopedius* Cabanis, 1850

Pheugopedius felix (Sclater, 1859) Saltapared feliz, Happy Wren

Sinónimo: ***Thryothorus felix*** Sclater, 1859

Subespecies: ***grandis*** Nelson, 1899; ***pallidus*** Nelson, 1899

Género *Thryophilus* Baird, 1864

Thryophilus sinaloa (Baird, 1864) Saltapared sinaloense, Sinaloa Wren

Sinónimo: ***Thryothorus sinaloa*** (Baird, 1864)

Subespecie: ***sinaloa*** (Baird, 1864)

T. pleurostictus (Sclater, 1860) Saltapared barrado, Banded Wren

Sinónimo: ***Thryothorus pleurostictus*** Sclater, 1860

Subespecie: ***nisorius*** Sclater, 1869

Género *Uropsila* Sclater & Salvin, 1873

Uropsila leucogastra (Gould, 1837) Saltapared vientre blanco, White-bellied Wren

Subespecie: ***pacifica*** (Nelson, 1897)

Género *Henicorhina* Sclater & Salvin, 1868

Henicorhina leucophrys Tschudi, 1844 Saltapared pecho gris, Gray-breasted Wood-Wren

Subespecie: ***minuscula*** Phillips, 1966

Familia Polioptilidae Baird, 1858 . . . . . .género: **1**, especies: **3**

Género *Polioptila* Sclater, 1855

Polioptila caerulea (Linnaeus, 1766) Perlita azulgris, Blue-gray Gnatcatcher

Subespecies: ***obscura*** Ridgway, 1883; ***deppei*** van Rossem, 1934; ***caerulea*** Linnaeus, 1766

P. melanura Lawrence, 1857 Perlita del desierto, Black-tailed Gnatcatcher

Subespecie: ***melanura*** Lawrence, 1857

P. albiloris Scalter & Salvin, 1860 Perlita pispirria, White-lored Gnatcatcher

Subespecie: ***vanrossemi*** Brodkorb, 1944

Familia Cinclidae Sundevall, 1836 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Cinclus* Borkhausen, 1797

Cinclus mexicanus Swainson, 1827 Mirlo acuático norteamericano, American Dipper

Subespecie: ***mexicanus*** Swainson, 1827

Familia Regulidae Vigors, 1825 . . . . . .género: **1**, especies: **2**

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Regulus* Cuvier, 1800

Regulus satrapa Lichstenstein, 1823 Reyezuelo corona amarilla, Golden-crowned Kinglet

Subespecie: ***aztecus*** Lawrence, 1887

R. calendula (Linnaeus, 1766) Reyezuelo matraquita, Ruby-crowned Kinglet

Sinónimo: ***Motacilla calendula*** Linnaeus, 1766

Subespecies: ***calendula*** (Linnaeus, 1766); ***cineraceus*** Grinnell, 1904

Familia Turdidae Rafinesque, 1815 . . . . . géneros: **5**, especies: **13**

Género *Sialia* Swainson, 1827

Sialia sialis (Linnaeus, 1758) Azulejo garganta canela, Eastern Bluebird

Subespecie: ***fulva*** Brewster, 1885

S. mexicana Swainson, 1832 Azulejo garganta azul, Western Bluebird

Subespecie: ***australis*** Nelson, 1903

S. currucoides Bechstein, 1798 Azulejo pálido, Mountain Bluebird

Género *Myadestes* Swainson, 1838

Myadestes occidentalis Stejneger, 1882 Clarín jilguero, Brown-backed Solitaire

Sinónimo: ***Myadestes obscurus*** (Gmelin, 1789)

Subespecie: ***deignani*** Phillips, 1966

Género *Catharus* Bonaparte, 1850

Catharus aurantiirostris (Hartlaub, 1850) Zorzal pico naranja, Orange-billed Nightingale-Thrush

Subespecies: ***clarus*** Jouy, 1894; ***aeopennis*** Moore, 1937

C. occidentalis Sclater, 1859 Zorzal mexicano, Russet Nightingale-Thrush

Subespecies: ***fulvescens*** Nelson, 1897; ***lambi*** Phillips, 1969; ***occidentalis*** Sclater, 1859

C. frantzii Cabanis, 1861 Zorzal de Frantzius, Ruddy-capped Nightingale-Thrush

Subespecie: ***omiltemensis*** Ridgway, 1905

C. ustulatus (Nutall, 1840) Zorzal de anteojos, Swainson's Thrush

Sinónimo: ***Hylocichla ustulata*** (Nuttall, 1840)

Subespecies: ***oedicus*** (Oberholser, 1899); ***ustulatus*** (Nutall, 1840); ***phillipsi*** Ramos, 1991

C. guttatus (Pallas, 1811) Zorzal cola canela, Hermit Thrush

Sinónimo: ***Hylocichla guttata*** (Pallas, 1814)

Subespecies: ***auduboni*** (Baird, 1864); ***polionotus*** (Grinnell, 1918); ***euborius*** (Oberholser, 1956); ***jewetti*** Phillips, 1962

Género *Turdus* Linnaeus, 1758

Turdus assimilis Cabanis, 1850 Mirlo garganta blanca, White-throated Robin

Subespecie: ***lygrus*** Oberholser, 1921

T. rufopalliatus Lafresnaye, 1840 Mirlo dorso canela, Rufous-backed Robin

Subespecies: ***rufopalliatus*** Lafresnaye, 1840***; interior*** Phillips, 1991

T. migratorius Linnaeus, 1766 Mirlo primavera, American Robin

Subespecie: ***phillipsi*** Bangs, 1915

Género *Ridgwayia* Stejneger, 1883

Ridgwayia pinicola (Sclater, 1859) Mirlo azteca, Aztec Thrush

Subespecie: ***pinicola*** (Sclater, 1859) . . . . . .

Familia Mimidae Ridgway, 1907 . . . . . géneros: **4**, especies: **4**

Género *Melanotis* Bonaparte, 1850

Melanotis caerulescens (Swainson, 1827) Mulato azul, Blue Mockingbird

Subespecie: ***caerulescens*** (Swainson, 1827)

Género *Dumetella* Wood, 1837

Dumetella carolinensis Linnaeus, 1766 Maullador gris, Gray Catbird

Género *Toxostoma* Wagler, 1831

Toxostoma curvirostre (Swainson, 1827) Cuicacoche pico curvo, Curve-billed Thrasher

Subespecie: ***curvirostre*** (Swainson, 1827)

Género *Mimus* Boie, 1826

Mimus polyglottos (Linnaeus, 1758) Centzontle norteño, Northern Mockingbird

Subespecie: ***leucopterus*** (Vigors, 1839)

Familia Sturnidae Amadon, 1956 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Sturnus* Linnaeus, 1758

Sturnus vulgaris Linnaeus, 1758 Estornino pinto, European Starling

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Familia Motacillidae Hartert, 1905 . . . . . .género: **1**, especies: **3**

Género *Anthus* Bechstein, 1805

Anthus cervinus (Pallas, 1811) Bisbita garganta roja, Red-throated Pipit

A. rubescens (Tunstall, 1771) Bisbita americana, American Pipit

Sinónimo: ***Anthus spinoletta*** Linnaeus, 1758

Subespecie: ***pacificus*** Todd, 1935

A. spragueii (Audubon, 1844) Bisbista llanera, Sprague's Pipit

Familia Bombycillidae Ridgway, 1904 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Bombycilla* Vieillot, 1808

Bombycilla cedrorum Vieillot, 1808 Chinito, Cedar Waxwing

Subespecies: ***cedrorum*** Vieillot, 1808; ***clarifuga*** Burleigh, 1963

Familia Ptiliogonatidae Baird, 1858 . . . . . .géneros: **2**, especies: **2**

Género *Ptiliogonys* Swainson, 1827

Ptiliogonys cinereus Swainson, 1827 Capulinero gris, Gray Silky-flycatcher

Sinónimo: ***Ptilogonys cinereus*** Swainson, 1827

Subespecie: ***cinereus*** Swainson, 1827

Género *Phainopepla* Baird, 1858

Phainopepla nitens (Swainson, 1838) Capulinero negro, Phainopepla

Subespecie: ***lepida*** van Tyne, 1925

Familia Peucedramidae Wolters, 1980 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Peucedramus* Henshaw, 1875

Peucedramus taeniatus (Du Bus, 1847) Ocotero enmascarado, Olive Warbler

Subespecies: ***jaliscensis*** Miller & Griscom, 1925; ***giraudi*** Zimmer, 1948

Familia Calcariidae Ridgway, 1901 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Rhynchophanes* (Lawrence, 1851)

Rhynchophanes mccownii (Lawrence, 1851) Escribano de McCown, McCown's Longspur

Sinónimo: ***Calcarius mccownii*** (Lawrence, 1851)

Familia Parulidae Ridgway, 1902 . . . . . .géneros: **12**, especies: **43**

Género *Seiurus* Swainson, 1827

Seiurus aurocapilla (Linnaeus, 1766) Chipe suelero, Ovenbird

Sinónimos: ***Seiurus aurocapillus*** (Linnaeus, 1766); ***Motacilla aurocapilla*** (Linnaeus, 1766)

Subespecies: ***aurocapilla*** (Linnaeus, 1766); ***cinereus*** Miller, 1942

Género *Helmitheros* Rafinesque, 1819

Helmitheros vermivorum Gmelin, 1789 Chipe gusanero, Worm-eating Warbler

Género *Parkesia* Sangster, 2008

Parkesia motacilla (Vieillot, 1809) Chipe arroyero, Louisiana Waterthrush

Sinónimo: ***Seiurus motacilla*** (Vieillot, 1809)

P. noveboracensis (Gmelin, 1789) Chipe charquero, Northern Waterthrush

Sinónimo: ***Seiurus noveboracensis*** (Gmelin, 1789)

Subespecies: ***notabilis*** Ridgway, 1881; ***limnaeus*** McCabe & Miller, 1933

Género *Mniotilta* Vieillot, 1816

Mniotilta varia Linnaeus, 1766 Chipe trepador, Black-and-white Warbler

Género *Protonotaria* Baird, 1858

Protonotaria citrea (Boddaert, 1783) Chipe dorado, Prothonotary Warbler

Género *Oreothlypis* Ridgway, 1884

Oreothlypis superciliosa (Hartlaub, 1844) Parula cejas blancas, Crescent-chested Warbler

Sinónimos: ***Vermivora superciliosa*** (Hartlaub, 1844); ***Parula superciliosa*** (Hartlaub, 1844)

Subespecies: ***mexicana*** Bonaparte, 1850; ***palliata*** (van Rossem, 1939)

O. peregrina (Wilson, 1811) Chipe peregrino, Tennessee Warbler

Sinónimo: ***Vermivora peregrina*** (Wilson, 1811)

O. celata (Say, 1823) Chipe oliváceo, Orange-crowned Warbler

Sinónimo: ***Vermivora celata*** (Say, 1823)

Subespecies: ***celata*** (Say, 1823); ***orestera*** Oberholser, 1905; ***lutescens*** (Ridgway, 1872)

O. crissalis (Salvin & Godman, 1889) Chipe de Colima, Colima Warbler

Sinónimo: ***Vermivora crissalis*** (Salvin & Godman, 1889)

O. luciae (Cooper, 1861) Chipe rabadilla castaña, Lucy's Warbler

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sinónimo: ***Vermivora luciae*** (Cooper, 1861)
O. ruficapilla (Wilson, 1811) Chipe cabeza gris, Nashville Warbler
Sinónimo: ***Vermivora ruficapilla*** (Wilson, 1811)
Subespecie: ***ridgwayi*** van Rossem, 1929
O. virginiae (Baird, 1860) Chipe de Virginia, Virginia's Warbler
Sinónimo: ***Vermivora virginiae*** (Baird, 1860)
Género *Geothlypis* Cabanis, 1847
Geothlypis poliocephala Baird, 1865 Mascarita pico grueso, Gray-crowned Yellowthroat
Sinónimo: ***Chamaethlypis poliocephala*** (Baird, 1865)
Subespecie: ***poliocephala*** Baird, 1865
G. tolmiei (Townsend, 1839) Chipe lores negros, MacGillivray's Warbler
Subespecies: ***monticola*** Phillips, 1947; ***tolmiei*** (Townsend, 1839)
G. philadelphia (Wilson, 1810) Chipe de pechera, Mourning Warbler
G. speciosa Sclater, 1859 Mascarita del Lerma, Black-polled Yellowthroat
Subespecie: ***limnatis*** Dickerman, 1970
G. trichas (Linnaeus, 1766) Mascarita común, Common Yellowthroat
Subespecies: ***trichas*** (Linnaeus, 1766); ***melanops*** Baird, 1865; ***campicola*** Behle & Aldrich, 1947; ***chryseola*** van Rossem, 1930
Género *Setophaga* Swainson, 1827
Setophaga citrina (Boddaert, 1783) Chipe encapuchado, Hooded Warbler
Sinónimo: ***Wilsonia citrina*** (Boddaert, 1783)
S. ruticilla (Linnaeus, 1758) Pavito migratorio, American Redstart
S. americana (Linnaeus, 1758) Chipe pecho manchado, Northern Parula
Sinónimo: ***Parula americana*** (Linnaeus, 1758)
S. pitiayumi (Vieillot, 1817) Chipe tropical, Tropical Parula
Sinónimo: ***Parula pitiayumi*** (Vieillot, 1817)
Subespecie: ***pulchra*** (Brewster, 1889)
S. magnolia (Wilson, 1811) Chipe de magnolias, Magnolia Warbler
Sinónimo: ***Dendroica magnolia*** (Wilson, 1811)
S. petechia (Linnaeus, 1766) Chipe amarillo, Yellow Warbler
Sinónimo: ***Dendroica petechia*** (Linnaeus, 1766)
Subespecies: ***morcomi*** Coale, 1887; ***dugesi*** Coale, 1887; ***phillipsi*** Browning, 1994
S. palmarum (Gmelin, 1789) Chipe playero, Palm Warbler
Sinónimo: ***Dendroica palmarum*** (Gmelin, 1789)
S. coronata (Linnaeus, 1766) Chipe rabadilla amarilla, Yellow-rumped Warbler
Sinónimo: ***Dendroica coronata*** (Linnaeus, 1766)
Subespecies: ***coronata*** (Linnaeus, 1766)
S. dominica (Linnaeus, 1766) Chipe garganta amarilla, Yellow-throated Warbler
Sinónimo: ***Dendroica dominica*** (Linnaeus, 1766)
Subespecie: ***albilora*** Ridgway, 1873
S. graciae (Baird, 1865) Chipe cejas amarillas, Grace's Warbler
Sinónimo: ***Dendroica graciae*** Baird, 1865
Subespecies: ***graciae*** Baird, 1865; ***yaegeri*** Phillips & Webster, 1961; ***remota*** Griscom, 1935; ***decora*** Ridgway, 1873
S. nigrescens (Townsend, 1837) Chipe negrogris, Black-throated Gray Warbler
Sinónimo: ***Dendroica nigrescens*** (Townsend, 1837)
Subespecies: ***nigrescens*** (Townsend, 1837); ***halseii*** (Giraud, 1841)
S. townsendi (Townsend, 1837) Chipe de Townsend, Townsend's Warbler
Sinónimo: ***Dendroica townsendi*** (Townsend, 1837)
S. occidentalis (Townsend, 1837) Chipe cabeza amarilla, Hermit Warbler
Sinónimo: ***Dendroica occidentalis*** (Townsend, 1837)
S. virens (Gmelin, 1789) Chipe dorso verde, Black-throated Green Warbler
Sinónimo: ***Dendroica virens*** (Gmelin, 1789)
Subespecie: ***virens*** (Gmelin 1789)
Género *Basileuterus* Cabanis, 1849
Basileuterus lachrymosus Bonaparte, 1850 Pavito de rocas, Fan-tailed Warbler
Sinónimo: ***Euthlypis lachrymosa*** (Bonaparte, 1850)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

B. rufifrons (Swainson, 1838) Chipe gorra canela, Rufous-capped Warbler
Sinónimo: ***Basileuterus delattrii*** Bonaparte, 1854
Subespecie: ***dugesi*** Ridgway, 1892
B. belli (Giraud, 1841) Chipe cejas doradas, Golden-browed Warbler
Subespecies: ***clarus*** Ridgway, 1902; ***bateli*** Moore, 1946
B. culicivorus (Deppe, 1830) Chipe cejas negras, Golden Crowned Warbler
Subespecie: ***flavescens*** Ridgway, 1902
Género *Cardellina* Bonaparte, 1850
Cardellina canadensis (Linnaeus, 1766) Chipe de collar, Canada Warbler
Sinónimo: ***Wilsonia canadensis*** (Linnaeus, 1766)
C. pusilla (Wilson, 1811) Chipe corona negra, Wilson's Warbler
Sinónimo: ***Wilsonia pusilla*** (Wilson, 1811)
Subespecies: ***pileolata*** (Pallas, 1811); ***chryseola*** Ridgway, 1902
C. rubrifrons (Giraud, 1841) Chipe cara roja, Red-faced Warbler
C. rubra (Swainson, 1827) Chipe rojo, Red Warbler
Sinónimo: ***Ergaticus ruber*** (Swainson, 1827)
Subespecie: ***rubra*** (Swainson, 1827)
Género *Myioborus* Baird, 1865
Myioborus pictus (Swainson, 1829) Pavito alas blancas, Painted Redstart
Sinónimo: ***Setophaga picta*** Swainson, 1829
Subespecie: ***pictus*** (Swainson, 1829)
M. miniatus (Swainson, 1827) Pavito alas negras, Slate-throated Redstart
Subespecie: ***miniatus*** (Swainson, 1827)
Género *Icteria* Vieillot, 1807
Icteria virens (Linnaeus, 1758) Chipe grande, Yellow-breasted Chat
Subespecie: ***auricollis*** (Deppe, 1830)
Familia Thraupidae Cabanis, 1847 . . . . . géneros: **5**, especies: **6**
Género *Haplospiza* Cabanis, 1851
Haplospiza rustica (Tschudi, 1844) Semillero pizarra, Slaty Finch
Sinónimo: ***Spodiornis rusticus*** (Tschudi, 1844)
Subespecie: ***uniformis*** Sclater & Salvin, 1873
Género *Diglossa* Wagler, 1832
Diglossa baritula Wagler, 1832 Picochueco vientre canela, Cinnamon-bellied Flowerpiercer
Subespecie: ***baritula*** Wagler, 1832
Género *Volatinia* Reichenbach, 1850
Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766) Semillero brincador, Blue-black Grassquit
Subespecie: ***splendens*** (Vieillot, 1817)
Género *Sporophila* Cabanis, 1844
Sporophila torqueola (Bonaparte, 1850) Semillero de collar, White-collared Seedeater
Subespecie: ***torqueola*** (Bonaparte, 1850)
S. minuta (Linnaeus, 1758) Semillero pecho canela, Ruddy-breasted Seedeater
Subespecie: ***parva*** (Lawrence, 1883)
Género *Saltator* Vieillot, 1816
Saltator coerulescens Vieillot, 1817 Picurero grisáceo, Grayish Saltator
Subespecie: ***richardsoni*** van Rossem, 1938
INCERTAE SEDIS . . . . . género: **1**, especie: **1**
Género *Rhodinocichla* Hartlaub, 1853
Rhodinocichla rosea (Lesson, 1832) Tangara pecho rosa, Rosy Thrush-Tanager
Subespecie: ***schistaceae*** Ridgway, 1878
Familia Emberizidae Vigors, 1831 . . . . . géneros: **17**, especies: **30**
Género *Arremon* Vieillot, 1816
Arremon virenticeps (Bonaparte, 1855) Rascador cejas verdes, Green-striped Brush-Finch
Sinónimos: ***Atlapetes virenticeps*** (Bonaparte, 1855); ***Buarremon virenticeps*** Bonaparte, 1855
Subespecie: ***virenticeps*** (Bonaparte, 1855)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Género *Arremonops* Ridgway, 1896

Arremonops rufivirgatus (Lawrence, 1851) Rascador oliváceo, Olive Sparrow

Sinónimo: ***Arremonops rufivirgata*** (Lawrence, 1851)

Subespecie: ***sumichrasti*** (Sharpe, 1888)

Género *Atlapetes* Wagler, 1831

Atlapetes pileatus (Wagler, 1831) Rascador gorra canela, Rufous-capped Brush-Finch

Subespecie: ***pileatus*** (Wagler, 1831)

Género *Pipilo* Vieillot, 1816

Pipilo ocai (Lawrence, 1865) Rascador de collar, Collared Towhee

Subespecies: ***alticola*** (Salvin & Godman, 1889); ***nigrescens*** (Salvin & Godman, 1889)

P. chlorurus (Audubon, 1839) Rascador cola verde, Green-tailed Towhee

Sinónimo: ***Chlorura chlorura*** (Audubon, 1839)

P. maculatus (Swainson, 1827) Rascador moteado, Spotted Towhee

Subespecie: ***macronyx*** (Swainson, 1827)

Género *Aimophila* Swainson, 1837

Aimophila rufescens (Swainson, 1827) Zacatonero rojizo, Rusty Sparrow

Subespecie: ***rufescens*** (Swainson, 1827)

A. ruficeps (Cassin, 1852) Zacatonero corona canela, Rufous-crowned Sparrow

Subespecies: ***fusca*** (Nelson, 1897); ***extima*** Phillips, 1966

Género *Melozone* Reichenbach, 1850

Melozone kieneri (Bonaparte, 1850) Rascador nuca canela, Rusty-crowned Ground-Sparrow

Subespecie: ***rubricatum*** (Cabanis, 1851)

M. fusca (Swainson, 1827) Rascador viejita, Canyon Towhee

Sinónimo: ***Pipilo fuscus*** Swainson, 1827

Subespecie: ***fusca*** (Swainson, 1827)

Género *Peucaea* Audubon, 1839

Peucaea ruficauda (Bonaparte, 1853) Zacatonero corona rayada, Stripe-headed Sparrow

Sinónimo: ***Aimophila ruficauda*** (Bonaparte, 1853)

Subespecie: ***acuminata*** (Salvin & Godman, 1886)

P. humeralis (Cabanis, 1851) Zacatonero pecho negro, Black-chested Sparrow

Sinónimo: ***Aimophila humeralis*** (Cabanis, 1851)

P. botterii (Sclater, 1858) Zacatonero de Botteri, Botteri's Sparrow

Sinónimos: ***Aimophila botterii*** (Sclater, 1858); ***Aimophila petenica*** (Salvin, 1863)

Subespecie: ***mexicana*** (Lawrence, 1867)

P. cassinii (Woodhouse, 1852) Zacatonero de Cassin, Cassin's Sparrow

Sinónimo: ***Aimophila cassinii*** (Woodhouse, 1852)

Género *Oriturus* Bonaparte, 1851

Oriturus superciliosus (Swainson, 1838) Zacatonero serrano, Striped Sparrow

Subespecie: ***superciliosus*** (Swainson, 1838)

Género *Spizella* Bonaparte, 1831

Spizella passerina (Bechstein, 1798) Gorrión cejas blancas, Chipping Sparrow

Subespecies: ***atremaea*** Moore, 1937; ***arizonae*** (Coues, 1872); ***mexicana*** Nelson, 1899

S. pallida (Swainson, 1832) Gorrión pálido, Clay-colored Sparrow

S. breweri Cassin, 1856 Gorrión de Brewer, Brewer's Sparrow

Subespecie: ***breweri*** Cassin, 1856

S. atrogularis (Cabanis, 1851) Gorrión barba negra, Black-chinned Sparrow

Subespecie: ***atrogularis*** (Cabanis, 1851)

Género *Pooecetes* Baird, 1858

Pooecetes gramineus (Gmelin, 1789) Gorrión cola blanca, Vesper Sparrow

Subespecie***: confinis*** Baird, 1858

Género *Chondestes* Swainson, 1827

Chondestes grammacus (Say, 1823) Gorrión arlequín, Lark Sparrow

Subespecies: ***grammacus*** (Say, 1823); ***strigatus*** Swainson, 1827

Género *Amphispiza* Coues, 1874

Amphispiza bilineata (Cassin, 1850) Zacatonero garganta negra, Black-throated Sparrow

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Subespecie: ***grisea*** Nelson, 1898

Género *Passerculus* Bonaparte, 1838

Passerculus sandwichensis (Gmelin, 1789) Gorrión sabanero, Savannah Sparrow

Subespecie: ***sandwichensis*** (Gmelin 1789)

Género *Ammodramus* Swainson, 1827

Ammodramus savannarum (Gmelin, 1789) Gorrión chapulín, Grasshopper Sparrow

Subespecies: ***perpallidus*** (Coues, 1872); ***pratensis*** (Vieillot, 1817); ***ammolegus*** Oberholser, 1942

Género *Melospiza* Baird, 1858

Melospiza melodia (Wilson, 1810) Gorrión cantor, Song Sparrow

Subespecies: ***adusta*** Nelson, 1899; ***villai*** Phillips & Dickerman, 1957; ***yuriria*** Phillips & Dickerman, 1957; ***zacapu*** Phillips & Dickerman, 1957

M. lincolnii (Audubon, 1834) Gorrión de Lincoln, Lincoln's Sparrow

Subespecies: ***lincolnii*** (Audubon, 1834); ***alticola*** (Miller & McCabe, 1935)

M. georgiana (Latham, 1790) Gorrión pantanero, Swamp Sparrow

Subespecie: ***ericrypta*** Oberholser, 1938

Género *Zonotrichia* Swainson, 1832

Zonotrichia leucophrys (Forster, 1772) Gorrión corona blanca, White-crowned Sparrow

Subespecie: ***oriantha*** Oberholser, 1932

Género *Junco* Wagler, 1831

Junco hyemalis (Linnaeus, 1758) Junco ojos negros, Dark-eyed Junco

Sinónimo: ***Junco oreganus*** (Townsend, 1837)

J. phaeonotus Wagler, 1831 Junco ojos de lumbre, Yellow-eyed Junco

Subespecie: ***phaeonotus*** Wagler, 1831

Familia Cardinalidae Ridgway, 1901 . . . . . géneros: **9**, especies: **21**

Género *Piranga* Vieillot, 1807

Piranga flava (Vieillot, 1822) Piranga encinera, Hepatic Tanager

Subespecie: ***hepatica*** (Swainson, 1827)

P. rubra (Linnaeus, 1758) Piranga roja, Summer Tanager

Subespecies: ***rubra*** (Linnaeus, 1758); ***cooperi*** (Ridgway, 1869)

P. ludoviciana (Wilson, 1811) Piranga capucha roja, Western Tanager

P. bidentata Swainson, 1827 Piranga dorso rayado, Flame-colored Tanager

Subespecie: ***bidentata*** Swainson, 1827

P. erythrocephala (Swainson, 1827) Piranga cabeza roja, Red-headed Tanager

Subespecies: ***candida*** Griscom, 1934; ***erythrocephala*** (Swainson, 1827)

Género *Habia* Blyth, 1840

Habia rubica (Vieillot, 1817) Piranga hormiguera corona roja, Red-crowned Ant-Tanager

Subespecie: ***rosea*** (Nelson, 1898)

Género *Cardinalis* Bonaparte, 1838

Cardinalis cardinalis (Linnaeus, 1758) Cardenal rojo, Northern Cardinal

Sinónimo: ***Richmondena cardinalis*** (Linnaeus, 1758)

Subespecies: ***carneus*** (Lesson, 1842); ***sinaloensis*** (Nelson, 1899)

C. sinuatus Bonaparte, 1838 Cardenal desértico, Pyrrhuloxia

Sinónimo: ***Pyrrhuloxia sinuata*** (Bonaparte, 1838)

Subespecie: ***sinuatus*** Bonaparte, 1838

Género *Pheucticus* Reichenbach, 1850

Pheucticus chrysopeplus (Vigors, 1832) Picogordo amarillo, Yellow Grosbeak

Subespecie: ***chrysopeplus*** (Vigors, 1832)

P. ludovicianus (Linnaeus, 1766) Picogordo degollado, Rose-breasted Grosbeak

P. melanocephalus (Swainson, 1827) Picogordo tigrillo, Black-headed Grosbeak

Subespecies: ***maculatus*** (Audubon, 1837); ***melanocephalus*** (Swainson, 1827)

Género *Granatellus* Bonaparte, 1850

Granatellus venustus Bonaparte, 1850 Granatelo mexicano, Red-breasted Chat

Subespecie: ***venustus*** Bonaparte, 1850

Género *Amaurospiza* Cabanis, 1861

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Amaurospiza concolor Cabanis, 1861 Semillero azul, Blue Seedeater
Subespecie: ***relicta*** (Griscom, 1934)
Género *Cyanocompsa* Cabanis, 1861
Cyanocompsa parellina (Bonaparte, 1850) Colorín azulnegro, Blue Bunting
Subespecie: ***indigotica*** (Ridgway, 1887)
Género *Passerina* Vieillot, 1816
Passerina caerulea (Linnaeus, 1758) Picogordo azul, Blue Grosbeak
Sinónimo: ***Guiraca caerulea*** (Linnaeus, 1758)
Subespecies: ***deltarhyncha*** (van Rossem, 1838); ***salicaria*** (Grinnell, 1911)
P. amoena (Say, 1822) Colorín pecho canela, Lazuli Bunting
P. cyanea (Linnaeus, 1766) Colorín azul, Indigo Bunting
P. leclancherii Lafresnaye, 1840 Colorín pecho naranja, Orange-breasted Bunting
Subespecies: ***leclancherii*** Lafresnaye, 1840; ***grandior*** Griscom, 1934
P. versicolor (Bonaparte, 1838) Colorín morado, Varied Bunting
Subespecie: ***versicolor*** (Bonaparte, 1838). . . . . .
P. ciris (Linnaeus, 1758) Colorín sietecolores, Painted Bunting
Subespecie: ***pallidior*** Mearns, 1911
Género *Spiza* Bonaparte, 1824
Spiza americana (Gmelin, 1789) Arrocero americano, Dickcissel
Familia Icteridae Ridgway, 1902 . . . . . géneros: **8**, especies: **19**
Género *Agelaius* Vieillot, 1816
Agelaius phoeniceus (Linnaeus, 1766) Tordo sargento, Red-winged Blackbird
Subespecies: ***gubernator*** (Wagler, 1832); ***nayaritensis*** Dickey & van Rossem, 1925
Género *Sturnella* Vieillot, 1816
Sturnella magna (Linnaeus, 1758) Pradero tortillaconchile, Eastern Meadowlark
Subespecie: ***auropectoralis*** Saunders, 1934
S. neglecta Audubon, 1844 Pradero del oeste, Western Meadowlark
Género *Xanthocephalus* Bonaparte, 1850
Xanthocephalus xanthocephalus (Bonaparte, 1826) Tordo cabeza amarilla, Yellow-headed Blackbird
Género *Euphagus* Cassin, 1867
Euphagus cyanocephalus (Wagler, 1829) Tordo ojos amarillos, Brewer's Blackbird
Género *Quiscalus* Vieillot, 1816
Quiscalus mexicanus (Gmelin, 1788) Zanate mayor, Great-tailed Grackle
Sinónimo: ***Cassidix mexicanus*** (Gmelin, 1788)
Subespecies: ***mexicanus*** (Gmelin, 1788); ***obscurus*** Nelson, 1900
Género *Molothrus* Swainson, 1832
Molothrus aeneus (Wagler, 1829) Tordo ojos rojos, Bronzed Cowbird
Sinónimo: ***Tangavius aeneus*** (Wagler, 1829)
Subespecies: ***assimilis*** (Nelson, 1900); ***aeneus*** (Wagler, 1829)
M. ater (Boddaert, 1783) Tordo cabeza café, Brown-headed Cowbird
Subespecies: ***artemisiae*** Grinnell, 1909; ***obscurus*** (Gmelin, 1789); ***ater*** (Boddaert, 1783)
Género *Icterus* Brisson, 1760
Icterus wagleri Sclater, 1857 Calandria de Wagler, Black-vented Oriole
Subespecie: ***wagleri*** Sclater, 1857
I. spurius (Linnaeus, 1766) Calandria castaña, Orchard Oriole
I. cucullatus Swainson, 1827 Calandria dorso negro menor, Hooded Oriole
Subespecies: ***cucullatus*** Swainson, 1827; ***sennetti*** Ridgway, 1901
I. pustulatus (Wagler, 1829) Calandria dorso rayado, Streak-backed Oriole
Subespecie: ***pustulatus*** (Wagler, 1829)
I. bullockii (Swainson, 1827) Calandria cejas negras, Bullock's Oriole
Subespecie: ***bullockii*** (Swainson, 1827)
I. pectoralis (Wagler, 1829) Calandria pecho moteado, Spot-breasted Oriole
Subespecie: ***pectoralis*** (Wagler, 1829)
I. graduacauda Lesson, 1839 Calandria capucha negra, Audubon's Oriole
Subespecie: ***dickeyae*** van Rossem, 1938

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

I. galbula (Linnaeus, 1758) Calandria de Baltimore, Baltimore Oriole
I. abeillei (Lesson, 1839) Calandria flancos negros, Black-backed Oriole
I. parisorum Bonaparte, 1838 Calandria tunera, Scott's Oriole

Género *Cassiculus* Swainson, 1827

Cassiculus melanicterus (Bonaparte, 1825) Cacique mexicano, Yellow-winged Cacique
Sinónimo: ***Cacicus melanicterus*** (Bonaparte, 1825)

Familia Fringillidae Vigors, 1825 . . . . . géneros: **5**, especies: **10**

Subfamilia Euphoninae

Género *Euphonia* Desmarest, 1806

Euphonia affinis (Lesson, 1842) Eufonia garganta negra, Scrub Euphonia
Sinónimo: ***Tanagra affinis*** Lesson, 1842
Subespecies: ***affinis*** (Lesson, 1842); ***godmani*** Brewster, 1889
E. elegantissima (Bonaparte, 1838) Eufonia gorra azul, Elegant Euphonia
Subespecie: ***elegantissima*** (Bonaparte, 1838)

Subfamilia Carduelinae

Género *Haemorhous* Swainson, 1837

Haemorhous mexicanus (Müller, 1776) Pinzón mexicano, House Finch
Sinónimo: ***Carpodacus mexicanus*** (Müller, 1776)
Subespecies: ***mexicanus*** (Müller, 1776)***; centralis*** Moore, 1937; ***coccineus*** Moore, 1939
H. cassinii (Baird, 1854) Pinzón serrano, Cassin's Finch
Sinónimo: ***Carpodacus cassinii*** Baird, 1854

Género *Loxia* Linnaeus, 1758

Loxia curvirostra Linnaeus, 1758 Picotuerto rojo, Red Crossbill
Subespecie: ***stricklandi*** Ridgway, 1885

Género *Spinus* Koch, 1816

Spinus pinus (Wilson, 1810) Jilguerito pinero, Pine Siskin
Sinónimo: ***Carduelis pinus*** (Wilson, 1810)
Subespecie: ***macroptera*** (Bonaparte, 1850)
S. notatus (Du Bus, 1847) Jilguerito encapuchado, Black-headed Siskin
Sinónimo: ***Carduelis notata*** Du Bus, 1847
Subespecie: ***forreri*** (Salvin & Godman, 1886)
S. psaltria (Say, 1823) Jilguerito dominico, Lesser Goldfinch
Sinónimo: ***Carduelis psaltria*** (Say, 1823)
Subespecie: ***psaltria*** (Say, 1823)

Género *Coccothraustes* Brisson, 1760

Coccothraustes abeillei (Lesson, 1839) Picogrueso encapuchado, Hooded Grosbeak
Sinónimo: ***Hesperiphona abeillei*** (Lesson, 1839)
Subespecie: ***abeillei*** (Lesson, 1839)
C. vespertinus (Cooper, 1825) Picogrueso norteño, Evening Grosbeak
Sinónimo: ***Hesperiphona vespertina*** (Cooper, 1825)
Subespecie: ***montana*** (Ridgway, 1873)

Familia Passeridae Illiger, 1811 . . . . . género: **1**, especie: **1**

Género *Passer* Brisson, 1760

Passer domesticus Linnaeus, 1758 Gorrión doméstico, House Sparrow
Subespecie: ***domesticus*** Linnaeus, 1758

REFERENCIAS

AOU. American Ornithologists' Union. 1998. *Check-list of North American Birds. American Ornithologists' Union.* Seventh Edition. Washington, EUA.

——. 2000. Forty-second supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 117:847-858.

——. 2013. Check-list of North American Birds. En: *<http://www.aou.org/checklist/north/>*, última consulta: 10 de diciembre de 2015.

Banks, R.C., C. Cicero, J.L. Dunn *et al.* 2002. Forty-third supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 119:897-906.

——. 2003. Forty-fourth supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *The Auk* 120:923-931.

——. 2004. Forty-fifth supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *The Auk* 121:985-995.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

——. 2005. Forty-sixth supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *The Auk* 122:1026-1031.

——. 2006. Forty-seventh supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 123(3):926–936.

Banks, R.C., R.T. Chesser, C. Cicero *et al.* 2007. Forty-eighth supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 124(3):1109–1115.

Banks, R.C., R.T. Chesser, C. Cicero *et al.* 2008. Forty-ninth supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 125(3):758–768.

Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V.M. Vargas-Canales *et al.* 2015. *Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO, México.

Chesser, R.T., R.C. Banks, F.C. Barker *et al.* 2009. Fiftieth supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 126(3):705-714.

——. 2010. Fifty-first supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 127(3):726-744.

——. 2011. Fifty-second supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 128(3):600-613.

——. 2012. Fifty-third supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 129(3):573-588.

——. 2013. Fifty-fourth supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 130(3):558–571.

——. 2014. Fifty-fifth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 131:CSi-CSxv.

Chesser, R.T., R. C. Banks, K.J. Burns *et al.* 2015. Fifty-sixth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American Birds. *The Auk* 132: 748–764.

Clements, J.F. 2007. *The Clements Checklist of Birds of the World*. Cornell University, EUA.

IBC. The Internet Bird Collection. Audiovisual library of the world's birds. Handbook of the Birds of the World. 2013. En: *<http://ibc.lynxeds.com>*, última consulta 10 de diciembre de 2013.

ITIS. Integrated Taxonomic Information System. 2013. Authoritative taxonomic information on plants, animals, fungi, and microbes of North America and the world. En: *<http://www.itis.gov>*, última consulta 10 de diciembre de 2013.

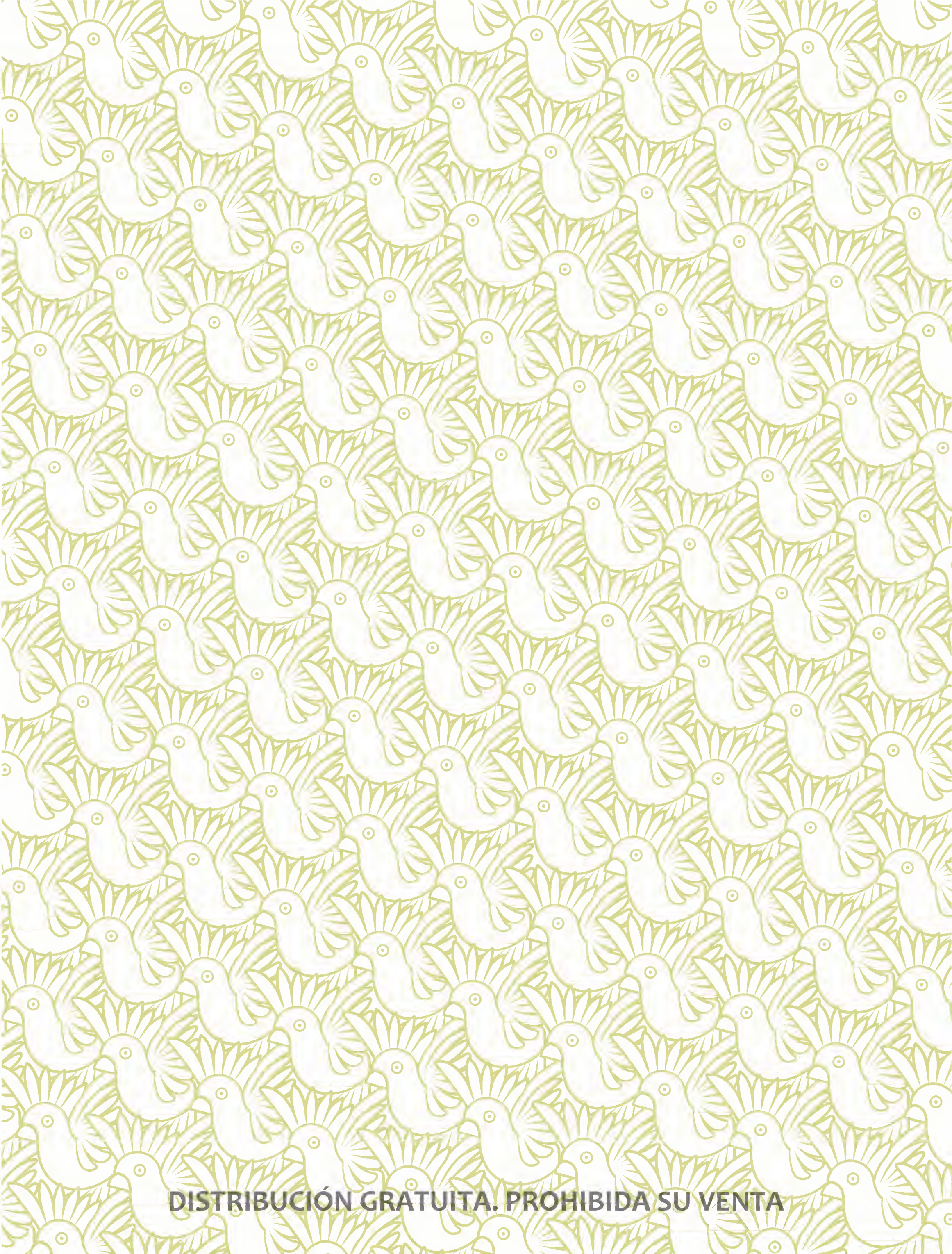
Navarro, S.A. y A. Gordillo. 2006. *Catálogo de Autoridades Taxonómicas de las Aves de México. Facultad de Ciencias, UNAM*. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. CONABIO. Proyecto CS010. México.

Phillips, A.R. 1991. *The Known Birds of North and Middle America*. Part I. A.R. Phillips, Denver, Colorado.

——. 1996. *The Known Birds of North and Middle America*. Part II. A.R. Phillips, Colorado.

Villaseñor-Gómez, L.E. y J.F. Villaseñor-Gómez. 2015. *Base de datos de las Aves de Michoacán*. Versión Biótica 5.1. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

NUESTROS AUTORES

Acosta Lucero

Aguilera Ríos María Silvia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Aguilera Villanueva Rodolfo

Aguirre León Gustavo
Instituto de Ecología, A. C.

Aguirre López Rocío
Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado

Alarcón Cháires Pablo Eulogio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Albavera Padilla Ernesto
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Alberdi Alonso María Teresa
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Museo Nacional de Ciencias Naturales

Alcántar Mejía Josiani
Gobierno del Estado de Michoacán
Telebachillerato Michoacán

Alvarado Díaz Javier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Alvarado Villanueva Reyna
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Álvarez Jara Margarito
Serafo Consultores Ambientales, A. C.

Álvarez Noguera Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Álvarez Verdugo María Guadalupe
Universidad Autónoma de Guadalajara

Ambriz Morales Pascuala
Instituto Politécnico Nacional
Centro de Biotecnologia Genómica

Andrade Hernández Sandy Fabiola
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Angón Torres María del Pilar
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario Centro Occidente

Antaramián Harutunián Eduardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Arce Cortés Álvaro Iván
Colectivo Michoacano de Desarrollo, A.C.

Arce Pérez Roberto
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Arizaga Pérez José Santiago
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Armendáriz Ortega Gema Yolanda

Arredondo Ojeda Marbella
Gobierno del Estado de Michoacán
Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Michoacán

Arroyo Cabrales Joaquín
Instituto Nacional de Antropología e Historia
Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico

Astier Calderón Marta
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Ávila Díaz Irene
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ayala Barajas Miguel Ángel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas

Ayala Barajas Ricardo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Ayala Ortiz Dante Ariel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Ayvar Campos Francisco Javier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

Báez Santacruz Jezabel
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Baltazar Mendoza Gloria Bárbara

Balvanera Levy Patricia
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Barajas López Flor Cecilia

Barón Campis Sofía Alida
Instituto Nacional de Pesca

Barragán Felipe
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
División de Ciencias Ambientales

Bastida Zavala José Rolando
Universidad del Mar
Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Marinos

Bautista Hernández Dorian Antonio

Bautista Zúñiga Francisco
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Bedolla García Brenda Yudith
Instituto de Ecología, A. C.
Centro Regional del Bajío

Bedolla Ochoa Cutzi
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Bello Guevara Jorge Fernando

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Beltrán Nambo María de los Ángeles
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Bernal Brooks Fernando Walter
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Blanco García José Arnulfo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Brenner Ludger
Universidad Autónoma Metropolitana
UAM-Unidad Iztapalapa

Briseño Cázares Laura Angélica
Red de Educadores Ambientales en Michoacán, A.C.

Bueno Villegas Julián
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Centro de Investigaciones Biológicas

Buitrón Sánchez Blanca Estela Margarita
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Geología

Burgos Tomandú Ana Laura
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Campos Mendoza Antonio

Cano Camacho Horacio
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Carbajal Navarro Aglaen Lucero
Asociación Civil Guacamayas Calentanas, A. C.

Carranza González Eleazar
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Instituto de Investigación de Zonas Desérticas

Carreón Abud Yazmín
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Casas Fernández Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Casillas Sánchez Jorge Ignacio
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Castillo Víctor María Elena
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ceballos Corona José Gerardo Alejandro
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Cervantes Peredo Luis Manuel (†)
Instituto de Ecología, A. C.

Charre Medellín Juan Felipe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Chassin Noria Omar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Chauca Malásquez Pablo Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Chávez Carbajal María Alma
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Conejeros Vargas Carlos Andrés
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Conejo Gutiérrez Miralba

Cortés Hernández Violeta

Crookston Nicholas L.
United States Department of Agriculture

Cruz Angón Andrea
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales

Cruz Barraza José Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Cruz López Jesús Alberto
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cruz Medina Jorge
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales

Cupul Magaña Fabio Germán
Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de la Costa

De la Tejera Hernández Beatriz Georgina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Del Val de Gortari Ek
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Delgado Carranza María del Carmen
Universidad Nacional Autónoma de México

Delgado Lemus América Minerva

Deloya López Aristeo Cuauhtémoc
Instituto de Ecología, A. C.

Díaz Ríos René

Díaz Rodríguez Daniel
Gobierno del Estado de Michoacán

Díaz Sibaja Roberto
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Domínguez Domínguez Omar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Domínguez Sánchez Constantino
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería Civil

Domínguez Vázquez Gabriela
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Dubrovina Inna
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Escalante Jiménez Ana Leticia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Escalera Gallardo Carlos
Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Espinosa García Francisco Javier
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Fernández Rivera Marcial
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario Centro Occidente

Flores Domínguez Ángel David
El Colegio de Tlaxcala A.C.

Francke Ballvé Oscar Federico
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Fuentes Barrios Edgar
Gobierno del Estado de Michoacán
Consejo Estatal de Ecología de del Estado de Michoacán

Fuentes Farias Alma Lilia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Fuentes Junco José de Jesús Alfonso
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Gamero Mora Edgar
Universidad de São Paulo
Instituto de Biociencias

García Avila Deneb
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

García de León Francisco Javier
Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.

García Madrigal María del Socorro
Universidad del Mar

García Meraz Adrián
Instituto Nacional de Pesca
Centro regional de Investigación Acuícola y pesquera
Bahía de Banderas, Nayarit.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

García Oliva Felipe
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

García Ríos Janeth
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

García Ruiz Ignacio
Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Michoacán

García Varela Martín
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

García Velázquez Miguel Ángel
Gobierno del Estado de Michoacán
Secretaría de Desarrollo Social

García Zepeda María Luisa
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Gasca Álvarez Héctor Jaime
Corporación Sentido Natural

Gavito Pardo Mayra Elena
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Gómez Bermejo Roberto Javier

Gómez Monge Rodrigo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Gómez Peralta Marlene
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Gómez Prado Carlos Alberto
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Gómez Reyes Víctor Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

González Cortés Juan Carlos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

González Pérez José Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

González Rodríguez Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Gregorio Cipriano María del Rosario
Instituto de Ecología, A. C.

Guevara Féfer Fernando (†)
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Guevara Guerrero Gonzalo
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Gutiérrez Bedolla Mayte
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Guzmán Pérez Adriana Margarita
Coordinación de Asesores del Gobierno Federal

Hernández Becerril David Uriel
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Hernández Montaño Daniel
Instituto Nacional de Pesca
Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro

Hernández Morales Rubén
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Hernández Téllez Rogelio René
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Hernández Valencia Federico

Hidalgo Sanjurjo Juan Carlos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Huacuz Elías Dolores del Carmen
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Huerta Zamacona María Concepción
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ihl Thomas Josef
Universidad Martín-Lutero Halle-Wittenberg

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Israde Alcántara Isabel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra

Jiménez Rico Luz Lilia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Laguarda Figueras Alfredo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Lara Cabrera Sabina Irene
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

León Paniagua Livia Socorro
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

Letelier Gálvez Luis Erasmo Angel
Universidad de Talca
Instituto de Ciencias Biológicas

Lindig Cisneros Roberto Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Loera Padilla Francisco Javier
Consultoría Integral en Gestión Ambiental y Sustentabilidad, S.C.

López Cervantes Antonio

López García José Ramón
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

López Martínez Friné Romana Pilar
Espacio Autónomo, A.C.

López Paniagua Rosalía
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades

López Toledo Leonel
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

MacGregor Fors Ian
Instituto de Ecología
Red de Ambiente y Sustentabilidad

Madrigal Guridi Xavier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Malaquías González Santos Damián

Mar Silva Valentín
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Marín Leyva Alejandro Hiram
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Marín Togo María Consuelo
Gobierno del Estado de México

Martínez Bravo René David
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Martínez Martínez Marisol
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Martínez Trujillo Miguel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Martínez Zavaleta Juan Pablo
El Colegio de la Frontera Sur
Unidad Chetumal

Martínez Cruz Juan
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Masera Cerutti Omar Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Mateo Cid Luz Elena
Instituto Politécnico Nacional
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas

Mathuriau Catherine (†)

Medina Aguilar Oscar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Medina Nava Martina
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Mejía Maya Alejandro
Gobierno del Estado de Michoacán

Meléndez Herrera Esperanza
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Mendoza Alfaro Roberto Eduardo
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas

Mendoza Cantú Manuel Eduardo
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Mendoza Cuenca Luis Felipe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Mendoza Eduardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Mendoza González Angela Catalina
Secretaría de Educación Pública

Merlín Uribe Yair
El Colegio de la Frontera Sur
Unidad San Cristóbal de las Casas

Miranda Huerta Ana Cristina
Gobierno del Estado de Michoacán
Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Moncayo Estrada Rodrigo
Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Montejano Valdivia Barush Alí
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Monterrubio Rico Tiberio Cesar
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Morales Blake Alejandro Rafael
Universidad de Colima
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Morón Ríos Miguel Ángel (†)
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Muñoz Gaytan Arcadio Antonio

Nájera Cordero Karla Carolina
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales

Nava Bravo Héctor Hugo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Nava González Bisbrian Alhelí
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Nava Cruz Yolanda

Navarrete Pérez Negrón José Luis
Instituto Tecnológico del Valle de Morelia

Navarro Chávez José César Lenin
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

Novelo Gutiérrez Rodolfo
Instituto de Ecología, A. C.
Red de Biodiversidad y Sistemática

Núñez Vargas Alfonso

Ochoa Figueroa Alejandro
Gobierno del Estado de Michoacán
Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Ortega Murillo María del Rosario
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ortega Rodríguez Juan Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ortiz Paniagua Carlos Francisco
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Ortiz Tamara

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Oyama Nakagawa Alberto Ken
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Páez Rosaura

Palacios Morales Georgina

Pedraza Marrón Carmen del Rocío
Universidad de Puerto Rico - Río Piedras

Pérez Munguía Ricardo Miguel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Pérez Salicrup Diego Rafael
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Pérez-Ponce de León Gerardo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Pineda Ambriz Aidé
Secundaria Técnica núm. 150

Pineda Antúnez Zabel Cristina
Asesor externo

Piñón Flores Miguel Aurelio
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Ponce Saavedra Javier
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Priego Santander Angel Guadalupe
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Pulido Secundino Juan
Universidad Autónoma Chapingo
Unidad Regional Universitaria del Sureste

Ramírez García Enrique
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Ramírez Herrejón Juan Pablo
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales

Ramírez Ramírez María Isabel
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Ramírez Valdez Arturo

Ramos Núñez María Guadalupe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Ramos Pérez Velia Iris
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Rehfeldt Gerald E.
United States Department of Agriculture

Reyes Martínez Norma Patricia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Reyes Mata Gilberto
Campamento Tortuguero Ixtapilla

Rivera Velázquez Jaime
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Rodríguez Correa Hernando
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Rodríguez Lozano Gerardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Rodríguez Palacio Mónica Cristina
Universidad Autónoma Metropolitana
UAM-Unidad Iztapalapa

Romero Gallardo Salvador
Instituto Politécnico Nacional
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

Romero Tinoco Mario Manuel
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Rueda Jasso Rebeca Aneli
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ruíz Contreras Marilyn
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Sáenz Romero Cuauhtémoc
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Salazar Araujo Paloma

Sánchez Blanco Judith
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Sánchez Heredia Juan Diego
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Sandoval Perea Rosa Eugenia

Santibáñez López Carlos Eduardo
University of Wisconsin-Madison

Santos Ocampo Angel
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario Centro Occidente

Segundo Métay Paola Citlali
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Segura Ledesma Sergio Damián

Segura Mathuriau Arno

Segura Mathuriau Zoe

Serrano Medrano Montserrat
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Silva Sáenz Patricia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Solís Marín Francisco Alonso
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Sosa Gutiérrez Neyra
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Sosa Yañez Armando
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

Sotelo Cuevas Fernando
Gobierno del Estado de Oaxaca
Instituto de Estatal de Educación Pública de Oaxaca

Soto Rojas Carlos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Suárez Reyes Carla Noemí
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Suazo Ortuño Ireri
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

Takaki Takaki Francisco

Tapia Torres Yunuén
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Toledo Manzur Víctor Manuel

Torres García Ignacio
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Torres García Ulises
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Torres Gómez Mariano
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Torres Guerrero Karla Isadora
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Torres Hernández Eloísa
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Torres Pérez Coeto Arturo Jonatan
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Torres Torres Circe

Torres Villanueva Francisco Javier
Gobierno del Estado de Michoacán
Comisión Forestal del Estado de Michoacán

Tripp Rivera Manuel de Jesús
Gobierno del Estado de Michoacán
Consejo Estatal de Ecología del Estado de Michoacán

Trujillo García Claudia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Urquiza Marín Everardo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Valdez Mondragón Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Valdez Rivera Janeth Cristina
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Valle Díaz Oscar Israel
Biología y Urbanismo Integrado

Vargas Sandoval Margarita
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Vargas Uribe Guillermo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Vega Peña Ernesto Vicente
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Vega Sánchez Yesenia Margarita
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Velázquez Durán Rodrigo
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Victoria Hernández Arturo

Villafán Vidales Katia Beatriz
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

Villalobos Hiriart José Luis
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

Villamil Echeverri Laura Elena

Villaseñor Gómez José Fernando
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Villaseñor Gómez Laura Eugenia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Biología

Zambrano Cabrera Gustavo

Zamora Vuelvas María Cristina

Zamudio Ruiz Sergio

Zárate Segura Pablo
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia

Zarazúa Sánchez Rogelio
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Zavala Páramo María Guadalupe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Zepeda Castro Hugo
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Zepeda Ortiz Marcelino

Zermeño Hernández Isela Edith
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales

Zubieta Hernández Raúl Ricardo
Espacio Autónomo, A.C.

Zubieta Rojas Tohtli Laura Elena

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Anexo
Fotográfico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Grillo de la familia Gryllidae. Foto: Renato Silvio Dos Santos/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tlacuache (*Didelphis virginiana*). Foto: Rosario Arreola Gómez/Banco de Imágenes CONABIO.

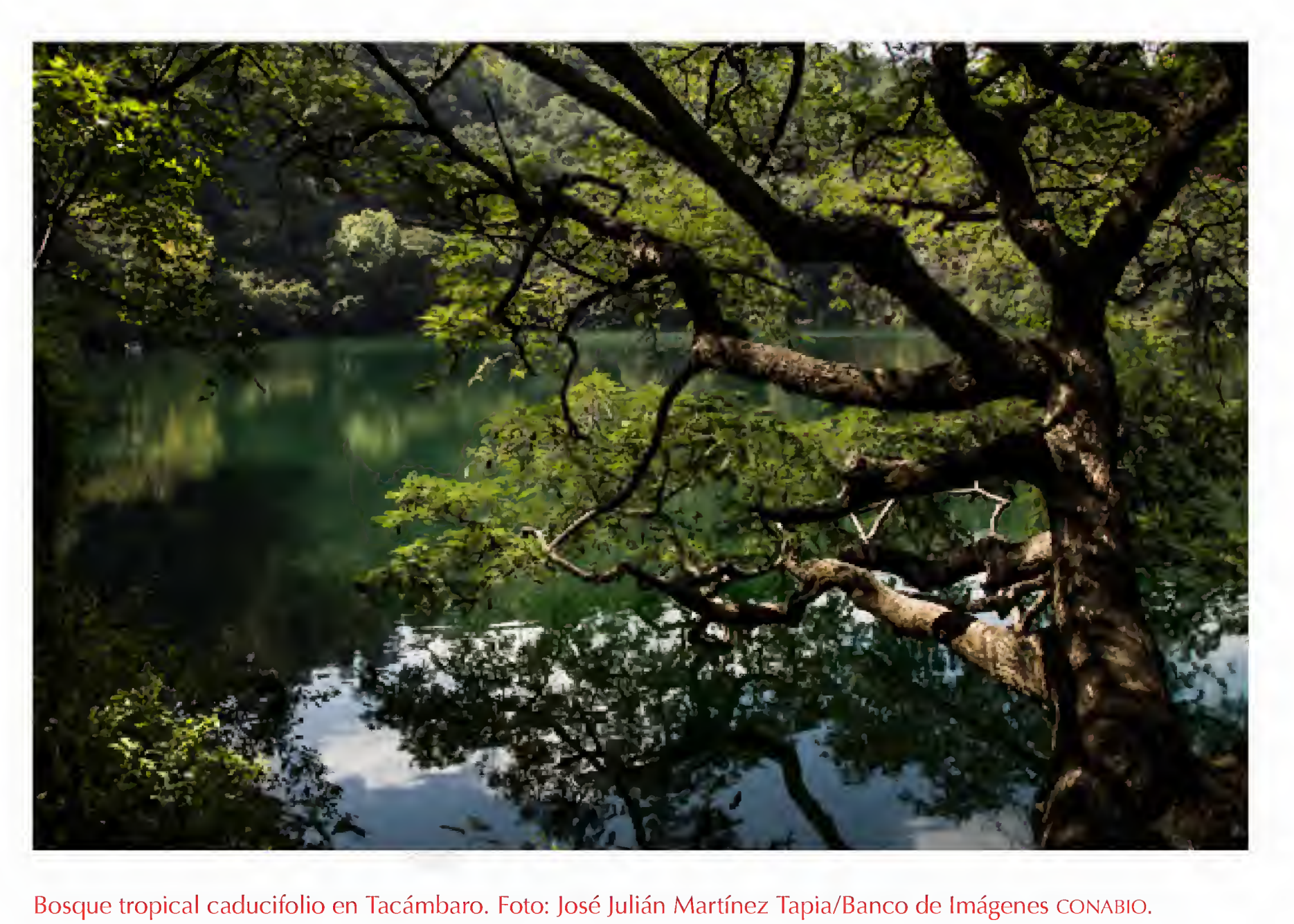
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hongo del género *Ramaria*. Foto: Mariano Torres Gómez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Bosque tropical caducifolio en Tacámbaro. Foto: José Julián Martínez Tapia/Banco de Imágenes CONABIO.

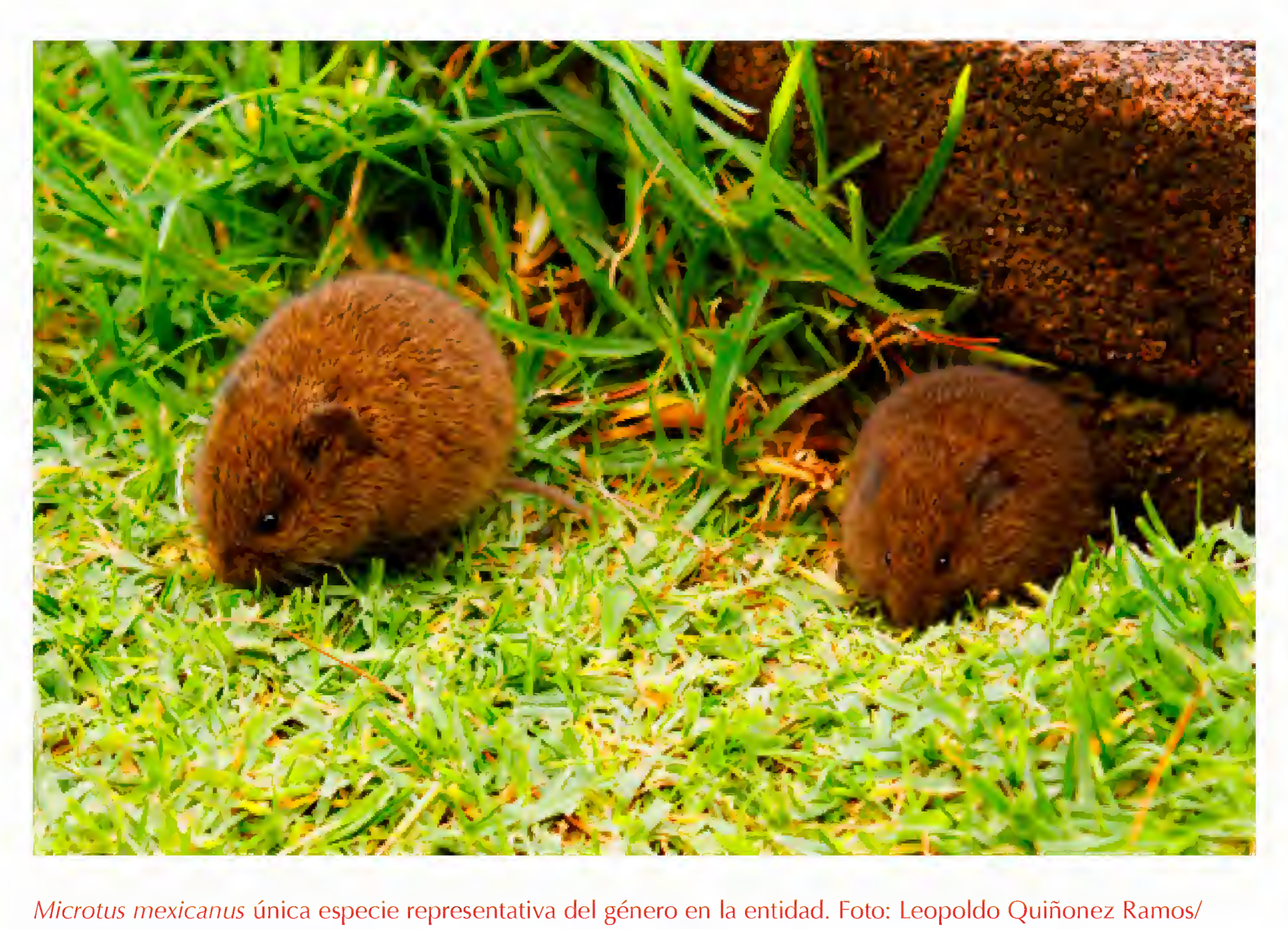
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cascadas en Peribán. Foto: Raúl García Ruiz/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Microtus mexicanus única especie representativa del género en la entidad. Foto: Leopoldo Quiñonez Ramos/ Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Colibrí garganta amatista (*Lampornis amethystinus*). Foto: Gerardo Eusebio Valdes/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Bosque de coníferas de Michoacán. Foto: Andrea Avila García/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Pelícano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*) en costas michoacanas. Foto: Simbad Farys Muñiz/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Escarabajo rinoceronte (*Golofa globulicornis*). Foto: Josue Hernández Bejarano/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Libélula rayadora (*Libellula croceipennis*). Foto: Marina Quintanar Martínez/Banco de Imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mariposa monarca alimentándose. Foto: Luis Mariano Sánchez Avelar.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Compilación y edición técnico-científica de las secciones:

VOLUMEN I

Contexto físico-geográfico: Dr. Gerardo Bocco[1] y Dr. Thomas Josef Ihl.[2]

Sociedad, economía y desarrollo: Dr. Dante Ariel Ayala Ortiz[3] y Dra. Katia Beatriz Villafán Vidales.[3]

Dimensión socio-ambiental de la biodiversidad: avances y perspectivas: Dra. Adriana Margarita Guzmán,[4] Dra. Flor Cecilia Barajas López[5] y M. en C. Aidé Pineda Ambriz.[6]

Diversidad de ecosistemas: Dra. Ireri Suazo Ortuño[3] y Dra. Isela Zermeño Hernández.[3]

VOLUMEN II

Diversidad de especies: Dra. Ireri Suazo Ortuño[3] y Dra. Isela Zermeño Hernández.[3]

VOLUMEN III

Diversidad genética: Dra. Ireri Suazo Ortuño[3] y Dra. Isela Zermeño Hernández.[3]

Conservación y restauración: Dr. Diego Pérez Salicrup,[1] M. en C. Karla Carolina Nájera Cordero[7] y M. en C. Mariana Cantú Fernández.[1]

Aprovechamiento: Dr. Diego Pérez Salicrup,[1] M. en C. Karla Carolina Nájera Cordero[7] y M. en C. Mariana Cantú Fernández.[1]

Factores de presión: Dr. Diego Pérez Salicrup,[1] M. en C. Karla Carolina Nájera Cordero[7] y M. en C. Mariana Cantú Fernández.[1]

---

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, [2]Universidad Martín-Lutero Halle-Wittenberg, [3]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [4]Presidencia de la República, [5]Museo de Historia Natural-UMSNH, [6]Secundaria Técnica núm. 150, [7] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Revisión técnica de textos[a] y listas de especies:[b]

Karla Carolina Nájera Cordero,[a,b] Rafael Eduardo Pompa Vargas,[a] Ana Laura García,[a] Sara González Pérez,[a] Oscar Báez Montes,[a] Saúl López Alcaide,[a] Gonzálo Pino Farías,[a] Yajaira García Feria,[a] Inti Burgos Hidalgo,[a] Liliana Ramírez Moreno,[a] Esteban Eduardo Benítez Inzunza,[a] Ramón Cecaira Ricoy,[a] Griselda Guerreo Márquez[b] y Jorge Cruz Medina.[b]

Agradecimientos: La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Neyra Sosa y Raquel Andaluz, quienes estuvieron involucrados en etapas iniciales de la elaboración de esta obra.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2019.
La biodiversidad en Michoacán Estudio de Estado 2. CONABIO, México.

Los apéndices de esta obra se encuentran en forma digital en:
http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html

Versión digital

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

2015 - 2021
Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Territorial
Gobierno del Estado de Michoacán

Gobierno de MICHOACÁN

MICHOACÁN SE ESCUCHA